

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE CONTABILIDADE

ALEJANDRA PRADA GUEVARA

**ANÁLISE DO INVESTIMENTO EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM UMA EMPRESA
DO SETOR AUTOMOTRIZ**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

CURITIBA

2013

ALEJANDRA PRADA GUEVARA

**ANÁLISE DO INVESTIMENTO EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM UMA EMPRESA
DO SETOR AUTOMOTRIZ**

Monografia apresentada ao Programa do Curso de Pós-Graduação do Departamento de Contabilidade do Setor de Ciências Sociais Aplicadas da Universidade Federal do Paraná, como requisito para obtenção do título de especialista em Contabilidade e Finanças.

Orientadora: Prof^a Dr^a. Mayla Cristina Costa.

CURITIBA

2013

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
PARECER FINAL

NOME DO (A) ALUNO (A): ALEJANDRA PRADA GUEVARA

TÍTULO DO TRABALHO: ANÁLISE DE INVESTIMENTO EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM UMA EMPRESA DO SETOR AUTOMOTIVO

NOME DO PROFESSOR ORIENTADOR: MAYLA CRISTINA COSTA

PARECER DO PROFESSOR ORIENTADOR:

Aluna atende os requisitos necessários para a conclusão do Trabalho de Conclusão de Curso.

NOTA: 90 (*Noventa*)

ASSINATURA: *Mayla Cristina Costa*

NOME DO PROFESSOR DESIGNADO:

NOTA: 90 (*Noventa*)

ASSINATURA: *[Assinatura]*

CONCEITO FINAL: _____ ()

COORDENADOR DO CURSO:

ASSINATURA: _____

DATA: ____/____/____

RESUMO

PRADA G., Alejandra. **Análise do investimento em eficiência energética em uma empresa do setor automotriz.** Em março de 2012 foi concluída a troca do sistema de iluminação da área produtiva de uma empresa do setor automotriz no Paraná. O objetivo principal da troca era resolver um problema de iluminância insuficiente. Porém, as tecnologias implantadas contribuíram também com a diminuição dos custos de energia elétrica na empresa. Assim, o presente estudo faz uma descrição de aspectos técnicos referentes aos dispositivos envolvidos para depois abordar uma análise financeira do investimento aproveitando medições feitas no sistema de iluminação antes e depois da execução do projeto. O intuito é mostrar, por um lado, uma metodologia de análise para projetos onde as entradas de dinheiro do fluxo de caixa correspondem a uma diminuição nas despesas com energia elétrica. Por outro lado, lembrando a importância da eficiência energética em questões ambientais, econômicas e sociais, o trabalho visa apresentar um projeto de investimento em eficiência energética atrativo, dada sua combinação entre risco e rentabilidade.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - CURVA TÍPICA DE MORTALIDADE EM FUNÇÃO DO CICLO DE FUNCIONAMENTO.....	19
FIGURA 2 - RENDIMENTO DA LUMINÁRIA EM FUNÇÃO DO DIÂMETRO DA LÂMPADA.....	23
FIGURA 3 – EFICIÊNCIA ENERGÉTICA SEGUNDO O TIPO DE LÂMPADA	24
FIGURA 4 - COMPONENTES BÁSICOS DE UMA LUMINÁRIA	28
FIGURA 5 - EFEITOS DA LUMINÁRIA NO FLUXO LUMINOSO DE UMA LÂMPADA FLUORESCENTE	30
FIGURA 6 - PROJETO DE INVESTIMENTO.....	32
FIGURA 7 - DIAGRAMA DE FLUXO DE CAIXA DE 3 PERÍODOS	33
FIGURA 8 - EFEITOS DO IMPOSTO DE RENDA E DA FONTE DE FINANCIAMENTO	34
FIGURA 9 - FLUXO DE CAIXA GENERALIZADO	36
FIGURA 10 - SÉRIE UNIFORME (MÉTODO DO VAUE).....	38
FIGURA 11 - ESQUEMA PARA O CÁLCULO DO ROIA	40
FIGURA 12 - EXEMPLO DE FLUXO DE CAIXA.....	42
FIGURA 13 - GERAÇÃO DE UM FLUXO DE CAIXA PARA O CÁLCULO DA TIRM.....	43
FIGURA 14 - REATOR E LUMINÁRIA EXISTENTES ANTES DA EXECUÇÃO DO PROJETO	50
FIGURA 15 - LÂMPADAS DE VAPOR METÁLICO PRÓXIMAS ÀS JANELAS	51
FIGURA 16 - CLARABOIA DO GALPÃO PRINCIPAL DA EMPRESA.....	51
FIGURA 17 - FEIXES DOS REFLETORES COSINO X E COSINO 3	53
FIGURA 18 - LÂMPADAS FLUORESCENTES PRÓXIMAS ÀS JANELAS	54

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 - VARIAÇÃO PERCENTUAL MÉDIA DAS TARIFAS DE ENERGIA DA COPEL NOS ÚLTIMOS 7 ANOS	21
--	----

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - ILUMINÂNCIA POR CLASSE DE TAREFAS VISUAIS	18
QUADRO 2 - APLICAÇÃO DOS VÁRIOS TIPOS DE LÂMPADAS.....	25
QUADRO 3 - ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DÀS LÂMPADAS INSTALADAS ANTES DO PROJETO	50
QUADRO 4 - ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DAS LÂMPADAS INSTALADAS DURANTE O PROJETO	52
QUADRO 5 - ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DOS REATORES INSTALADOS DURANTE O PROJETO	53

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - CAPITAL RECUPERADO (MÉTODO DO “PAY-BACK” DESCONTADO) .	44
TABELA 2 - NÍVEIS DE ILUMINÂNCIA NAS ÁREAS ONDE FOI EFETUADA A TROCA DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO	49
TABELA 3 - CUSTOS DE MATERIAIS E MÃO DE OBRA PARA A IMPLANTAÇÃO DO PROJETO	54
TABELA 4 - NÍVEIS DE TENSÃO, CORRENTE E POTÊNCIA NAS ÁREAS ONDE FOI EFETUADA A TROCA DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO	56
TABELA 5 - CONSUMO POR DIA MEDIDO NOS PAINÉIS ANTES DO PROJETO	61
TABELA 6 - CONSUMO MEDIDO ANUAL NOS PAINEIS ANTES DO PROJETO.....	61
TABELA 7 - ESTIMATIVA DA POTÊNCIA MÁXIMA DEMANDADA PELO NOVO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO SEGUNDO O DIA.....	61
TABELA 8 - CONSUMO POR DIA ESTIMADO NOS PAINÉIS DEPOIS DO PROJETO	62
TABELA 9 - CONSUMO ESTIMADO ANUAL NOS PAINEIS DEPOIS DO PROJETO.	63
TABELA 10 - TARIFAS USADAS NA ANÁLISE DE SENSIBILIDADE.....	64
TABELA 11 - CÁLCULO DE ENTRADAS ANUAIS DE DINHEIRO NO FLUXO DE CAIXA	64
TABELA 12 - FLUXOS DE CAIXA COM REAJUSTE ANUAL DE 5%	65
TABELA 13 - FLUXOS DE CAIXA DESCONSIDERANDO REAJUSTE	65
TABELA 14 - VALORES DO VPL EM FUNÇÃO DAS TARIFAS E TMA.....	67
TABELA 15 - VALORES DA TIR E TIRM EM FUNÇÃO DAS TARIFAS E A TMA.....	68
TABELA 16 - VALORES DO "PAY-BACK" EM FUNÇÃO DAS TARIFAS.....	68
TABELA 17 - OUTROS INDICADORES CALCULADOS COM UMA TMA DE 11%	69
TABELA 18 - VALOR PRESENTE DAS ENTRADAS DO FLUXO ₆	70
TABELA 19 - CONSUMO POR DIA MEDIDO NOS PAINÉIS DEPOIS DO PROJETO .	72
TABELA 20 - CONSUMO ANUAL NOS PAINEIS DEPOIS DO PROJETO BASEADO EM MEDIÇÕES.....	72
TABELA 21 - NOVOS FLUXOS BASEADOS UNICAMENTE EM MEDIÇÕES.....	73

TABELA 22 - NOVOS VALORES DE VPL BASEADOS UNICAMENTE EM MEDIÇÕES	73
TABELA 23 - NOVOS VALORES DE TIR E TIRM BASEADOS UNICAMENTE EM MEDIÇÕES	74
TABELA 24 - NOVOS VALORES DE “PAY-BACK” BASEADOS UNICAMENTE EM MEDIÇÕES	74
TABELA 25 - NOVOS VALORES DE OUTROS INDICADORES BASEADOS UNICAMENTE EM MEDIÇÕES	75
TABELA 26 - VALORES HIPOTÉTICOS DA TIR SE NÃO TIVESSE SIDO CONSIDERADO O EFEITO DOS SENSORES	75

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
1.1	PROBLEMA DE PESQUISA	10
1.2	OBJETIVOS	10
1.2.1	Objetivo geral.....	10
1.2.2	Objetivos específicos.....	11
1.3	JUSTIFICATIVA	11
1.4	ESTRUTURA DO TRABALHO.....	12
2	REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1	A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA FOCADA À ILUMINAÇÃO	14
2.1.1	Eficiência Energética: definição, importância e situação atual no Brasil.....	14
2.1.2	A iluminação em termos de economia de eletricidade.....	16
2.1.3	Conceitos.....	16
2.1.4	Tipos de lâmpadas usuais	21
2.1.5	Equipamentos auxiliares.....	25
2.1.6	Luminárias	28
2.1.7	Cálculo da economia	30
2.2	ANÁLISE DE INVESTIMENTOS	31
2.2.1	A decisão de investir.....	31
2.2.2	Horizonte de planejamento	32
2.2.3	Fluxo de caixa.....	32
2.2.3.1	Definição.....	32
2.2.3.2	Efeitos do imposto de renda e da fonte de financiamento	33
2.2.4	TMA (Taxa Mínima de Atratividade)	34
2.2.5	Indicadores de análise de projetos de investimentos	36
2.2.6	Análise de sensibilidade	45
3	METODOLOGIA.....	46
3.1	CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA.	46
3.2	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	47

4	EXPLICAÇÃO DETALHADA DO PROJETO	48
4.1	DESCRIÇÃO GERAL	48
4.2	RESULTADOS TÉCNICOS	54
4.3	OBSERVAÇÕES ADICIONAIS	55
5	ANÁLISE DO INVESTIMENTO	57
5.1	DETERMINAÇÃO DO FLUXO DE CAIXA	57
5.1.1	Horizonte do projeto	57
5.1.2	Desembolsos de dinheiro	58
5.1.3	Entradas de dinheiro.....	58
5.2	CÁLCULO E ANÁLISE DE INDICADORES	66
5.3	CONFERÊNCIA DA VIABILIDADE	71
5.3.1	Análise do projeto de investimento baseado em medições de potência.....	71
5.3.2	Observações adicionais.....	76
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES.....	77
	REFERÊNCIAS.....	79

1 INTRODUÇÃO

A gestão da energia elétrica está fortemente relacionada com aspectos socioeconômicos e ambientais. Com efeito, na opinião da Escola Federal de Engenharia de Itajubá (2006), usar bem a energia elétrica permite melhorar a produtividade em qualquer contexto com benefícios tanto ambientais como econômicos e talvez seja uma das poucas alternativas para enfrentar as expectativas de expansão da demanda.

No âmbito empresarial, o uso racional da eletricidade não deveria ser indiferente para os gestores. Rocha e Monteiro (2005) afirmam que uma empresa que deseja alcançar uma estrutura de custos racionalizada e tornar-se mais competitiva não pode admitir o desperdício ou usar a energia de forma ineficiente e irresponsável.

Dentro desse contexto de preocupação com o meio ambiente e com a economia de energia elétrica, nasce o conceito de eficiência energética, que faz referência ao uso de equipamentos e processos que permitem um menor consumo de energia mantendo o mesmo rendimento. Com a crise de abastecimento no setor elétrico vivenciada pelo Brasil em 2001, este assunto começou a ser mais valorizado e atualmente existe uma quantidade significativa de documentos técnicos e pesquisas que representam uma guia importante para as empresas. Porém, os gestores não parecem ter sido suficientemente atraídos pelo tema. Isto não é de surpreender: na literatura predomina a documentação técnica, mas os gestores pensam especialmente em lucro. Frente a essa situação torna-se, portanto, interessante falar de eficiência energética também em termos financeiros.

A presente pesquisa está focada no projeto de troca do sistema de iluminação realizado em uma empresa do setor automotriz entre novembro de 2011 e março de 2012. Serão feitas explicações técnicas básicas, mas o intuito é mostrar uma análise do investimento efetuado para aumentar a iluminância do local alvo diminuindo os custos em energia elétrica.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

Uma pesquisa nasce quando existe um problema. Assim, uma boa pesquisa está focada em oferecer respostas a esse problema. Por este motivo, é muito importante saber delimitá-lo. Segundo Sampieri, Collado e Lucio (2003, p.35) “Os elementos para formular um problema são três e estão relacionados entre si: os objetivos que se pretendem alcançar, as questões de pesquisa e a justificativa do estudo”. Adicionalmente, Köche (2006, p.108) explica que “O problema delimitado é uma pergunta inteligente que contém as possíveis relações de uma possível resposta”.

Por meio de um estudo de caso em uma empresa do setor automotriz, pretende-se dar resposta à questão de pesquisa apresentada a seguir.

Levando em consideração que optar por eficiência energética implica investir para reduzir custos, como foi feito o projeto de investimento em eficiência energética focada em iluminação em uma empresa do setor automotriz?

1.2 OBJETIVOS

De acordo com Sampieri, Collado e Lucio (2003, p. 36), os objetivos de pesquisa “têm a finalidade de mostrar o que se deseja da pesquisa e devem ser expressos com clareza, pois são as orientações do estudo”.

1.2.1 Objetivo geral

O objetivo geral desta pesquisa é analisar o projeto de investimento em eficiência energética focado em iluminação realizado por uma empresa do setor automotriz.

1.2.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos estabelecidos para alcançar o objetivo geral do presente trabalho são os seguintes:

- a) explicar em que consistiu o investimento em eficiência energética feito pela empresa;
- b) determinar vários fluxos de caixa para o projeto de investimento por meio da variação de parâmetros;
- c) realizar uma análise financeira do projeto de investimento;

1.3 JUSTIFICATIVA

De acordo com a Escola Federal de Engenharia de Itajubá (2006, p.92):

Nos países “em desenvolvimento”, a tendência é de aumento no consumo de energia elétrica decorrente do próprio processo de crescimento econômico. [...] [A] construção de novas usinas hidrelétricas de grande porte apresenta riscos ambientais [...] [e] a participação da geração de energia por centrais termelétricas tende a aumentar, trazendo consigo um aumento nas emissões de CO₂ [...]. Dessa forma, é de vital importância procurar utilizar, nestes países, tecnologias mais eficientes e limpas, em associação a usos mais racionais de energia a fim de mitigar o efeito estufa.

Na literatura relacionada com o tema, os argumentos para optar pela eficiência energética são normalmente parecidos aos expostos pela Escola Federal de Engenharia de Itajubá. Porém, existe um assunto importante que deveria ser sempre lembrado pelos autores: quando uma empresa opta pela eficiência energética, o valor da conta de eletricidade recebida mensalmente diminui, fazendo com que os custos também diminuam. Ou seja, pode-se afirmar que a eficiência energética é um investimento com benefícios mensais que poderia aumentar o lucro de uma empresa em um determinado período e ser comparável com outro tipo de investimentos mais comumente realizados.

Dado que os gestores que tomam as decisões nas empresas estão mais familiarizados com temas financeiros do que técnicos, mostrar a análise de um investimento em eficiência energética em termos mais financeiros e menos técnicos é uma maneira hábil de divulgar este tipo de investimento como uma alternativa atrativa para aumentar a rentabilidade ao mesmo tempo em que se está contribuindo com o meio ambiente.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho de pesquisa científica está estruturado em seis seções organizadas em uma sequência lógica para uma maior compreensão.

A primeira seção corresponde à introdução do trabalho onde são definidos a questão de pesquisa, os objetivos gerais e específicos, assim como a justificativa do empreendimento do estudo.

Na segunda seção, procede-se à explicação de conceitos relacionados com eficiência energética em sistemas de iluminação e são expostas técnicas de análise de investimentos.

A terceira seção apresenta a metodologia adotada para atingir o objetivo de pesquisa.

Depois de definir conceitos fundamentais referentes a aspectos técnicos e metodológicos, na quarta seção explica-se, por meio de fotografias, quadros e tabelas, em que consistiu a troca do sistema de iluminação assim como os resultados obtidos em termos de diminuição de demanda de potência elétrica e aumento de iluminância. Esta descrição do projeto serve como base para a compreensão da metodologia de análise exposta na quinta seção, peça central do trabalho. Nela são efetuados cálculos e geradas tabelas com dados de indicadores que permitem determinar a viabilidade e rentabilidade do projeto de investimento.

Finalmente, na sexta seção, são apresentadas conclusões gerais baseadas em constatações feitas através da análise dos dados. Adicionalmente, são expostas algumas recomendações relacionadas com os aspectos a serem melhorados.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA FOCADA À ILUMINAÇÃO

2.1.1 Eficiência Energética: definição, importância e situação atual no Brasil

Na sociedade moderna, o uso de uma ou várias formas de energia é fundamental. Com efeito, o funcionamento dos equipamentos que facilitam a vida das pessoas depende da transformação de energia e nesse processo é perdida uma parte da mesma. Por exemplo, uma lâmpada transforma eletricidade em luz e calor. Considerando que o objetivo deste dispositivo é iluminar, a sua eficiência é determinada dividindo a energia da luz pela energia elétrica usada pela lâmpada. No caso de uma lâmpada incandescente, uma eficiência de 8% significa que essa porcentagem da energia elétrica usada é transformada em luz e o restante aquece o meio ambiente. Da mesma forma pode ser avaliada a eficiência em muitos outros dispositivos que transformam energia elétrica em outra forma de energia. É assim como a eficiência energética pode ser definida como a otimização no consumo de energia (INSTITUTO NACIONAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA, [201?]). Vale ressaltar que este tema não está unicamente ligado com energia elétrica. Segundo a Escola Federal de Engenharia de Itajubá (2006, p.113), existem 4 níveis em termos de eficiência energética: “1. Eficiência da extração de energia primária; 2. Eficiência da conversão de energia primária em secundária; 3. Eficiência de distribuição de energia aos usuários; e 4. Eficiência de conversão em serviços”. Levando em consideração estes aspectos, o presente trabalho trata somente o quarto ponto, focando na conversão de energia elétrica em luz.

Após definir o conceito de eficiência energética, é interessante falar um pouco do contexto histórico que envolve este termo. De acordo com a Empresa de Pesquisa Energética (2012), a partir dos choques no preço do petróleo da década de 1970,

começou a ser reconhecido que um mesmo serviço poderia ser obtido com um gasto de energia menor, gerando em consequência menos impactos ambientais, econômicos e sociais. Assim, equipamentos e hábitos de consumo começaram a ser analisados tendo sido demonstrado que muitos empreendimentos que resultam em maior eficiência energética são economicamente viáveis.

Mais recentemente, a preocupação com o aquecimento global, atribuído em grande medida à produção e consumo de energia, tem destacado a importância da busca pela eficiência energética. No Brasil, várias iniciativas vêm sendo empreendidas há mais de duas décadas tais como o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), coordenado pelas Centrais Elétricas Brasileiras S.A. (ELETROBRAS), o Programa de apoio a Projetos de Eficiência Energética (PROESCO), coordenado pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), entre outros. Adicionalmente, existe legislação aplicável a Programas de Eficiência Energética, como divulgado pela Copel (2013b):

A legislação [...] determina que as concessionárias e permissionárias de serviços públicos de distribuição de energia elétrica devam aplicar parte de sua receita operacional líquida anual em programas de eficiência energética no uso final, isto é, em projetos executados em instalações de clientes e/ou que proporcionem benefícios para o cliente.

Cabe destacar que, ao longo prazo, a implantação de medidas de eficiência energética tem papel importante no atendimento à demanda futura de energia. Com efeito, estas medidas contribuem com a redução/adiamento da necessidade de expansão da oferta de energia, evitando-se a construção de determinadas unidades de geração elétrica, reduzindo-se o consumo de água, uso de solo etc. Levando em consideração a relevância destes aspectos ambientais, econômicos e sociais, foi criado no Brasil o Plano Nacional de Energia 2030 (PNE 2030) que, além de explicar e destacar a importância do papel da eficiência energética no planejamento energético nacional, apresenta metas de eficiência energética no longo prazo para o país (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2012).

2.1.2 A iluminação em termos de economia de eletricidade

Rodrigues (2002) comenta que são enormes as perdas de energia devidas à iluminação ineficiente. As lâmpadas incandescentes de baixa eficiência atualmente contam com uma alta participação no consumo mundial de eletricidade em iluminação e muitas destas podem ser substituídas por fontes de luz mais rentáveis.

Todos estes aspectos, ligados à importância do tema de eficiência energética, destacam o papel do desenvolvimento de tecnologias que tornem mais eficientes os sistemas de iluminação, cuja explicação básica será exposta nesta seção.

2.1.3 Conceitos

Consideram-se alguns conceitos relevantes para uma maior compreensão da maneira como será analisado o investimento no projeto de eficiência energética focada em iluminação de uma empresa do setor automobilístico. Dentre esses, o de fluxo luminoso, iluminância, eficiência luminosa, entre outros definidos a seguir.

2.1.3.1 Fluxo luminoso

A Escola Federal de Engenharia de Itajubá (2006, p.219), define o fluxo luminoso como a “quantidade de luz produzida pela lâmpada, emitida pela radiação, de acordo com sua ação sobre um receptor seletivo”. A unidade desta grandeza é o lúmen (lm).

2.1.3.2 Iluminância

Segundo Rodrigues (2002, p. 6), trata-se do “fluxo luminoso (lúmen) incidente em uma superfície por unidade de área (m²). Sua unidade é o lux” e poderia ser entendido “como a densidade de luz necessária para a realização de uma tarefa visual”.

Os níveis de iluminância são medidos por meio de um dispositivo denominado luxímetro, mas deve-se prestar atenção à metodologia de medição, já que, segundo explicam Gonçalves, Vianna e Moura (2011), a distribuição do fluxo luminoso não é uniforme. Ou seja, a iluminância não é a mesma em todos os pontos da área alvo. Por este motivo, deverá ser medida a iluminância em vários pontos e considerado um valor médio. Uma vez feito este procedimento, pode ser determinado se a iluminância se encontra dentro dos limites recomendados pela norma brasileira NBR5413, dependendo da tarefa a ser executada na área em questão. O quadro 1 mostra a classificação destes níveis de iluminância por tipo de atividade. Vale ressaltar que existem também fatores determinantes da iluminância adequada tais como idade da pessoa, velocidade e precisão da tarefa a executar, entre outros, que permitem definir o valor mais adequado entre os três possíveis da coluna de iluminância (lux) desse quadro.

2.1.3.3 Eficiência luminosa

De acordo com Rodrigues (2002, p. 6), a eficiência luminosa “é o quociente entre o fluxo luminoso emitido em lumens, pela potencia consumida em Watts. [...] Quanto maior a eficiência luminosa de uma determinada lâmpada, maior será a quantidade de luz produzida com o mesmo consumo”.

CLASSE	ILUMINÂNCIA (LUX)	TIPO DE ATIVIDADE
A Iluminação geral para áreas usadas interruptamente ou com tarefas visuais simples.	20 - 30 - 50	Áreas públicas com arredores escuros.
	50 - 75 - 100	Orientação simples para permanência curta.
	100 - 150 - 200	Recintos não usados para trabalho contínuo; depósitos.
	200 - 300 - 500	Tarefas com requisitos visuais limitados, trabalho bruto de maquinária, auditórios.
B Iluminação geral para área de trabalho.	500 - 750 - 1000	Tarefas com requisitos visuais normais, trabalho médio de maquinária, escritórios.
	1000 - 1500 - 2000	Tarefas com requisitos especiais, gravação manual, inspeção, indústria de roupas.
C Iluminação adicional para tarefas visuais difíceis.	2000 - 3000 - 5000	Tarefas visuais exatas e prolongadas, eletrônica de tamanho pequeno.
	5000 - 7500 - 10000	Tarefas visuais muito exatas, montagem de microeletrônica.
	10000 - 15000 - 20000	Tarefas visuais muito especiais, cirurgia.
Nota: As classes, bem como os tipos de atividade não são rígidos quanto às iluminâncias limites recomendadas, ficando a critério do projetista avançar ou não nos valores das classes/tipos de atividade adjacentes, dependendo das características do local/tarefa.		

QUADRO 1 - ILUMINÂNCIA POR CLASSE DE TAREFAS VISUAIS
 FONTE: ABNT (1992)

2.1.3.4 Vida útil de uma lâmpada

Philips dos Brasil Ltda. [201?a] cita dois tipos de vida útil definidos em horas. O primeiro tipo é chamado de Vida Útil mesmo, e é determinado através do tempo no qual aproximadamente 25% do fluxo luminoso das lâmpadas testadas foi depreciado. Após o término desse período, este fabricante recomenda a substituição das lâmpadas mesmo que ainda estejam funcionando. O segundo tipo é chamado de Vida Mediana (Mediana Nominal por outros autores) e é definida através do tempo no qual 50% das lâmpadas testadas sob condições controladas de operação apresenta queima.

Como será visto posteriormente, a vida útil de algumas lâmpadas pode diminuir se as mesmas são acesas e apagadas com muita frequência. A figura 1 ilustra este fato com o exemplo de lâmpadas fluorescentes cuja vida nominal é de 12 000 horas.

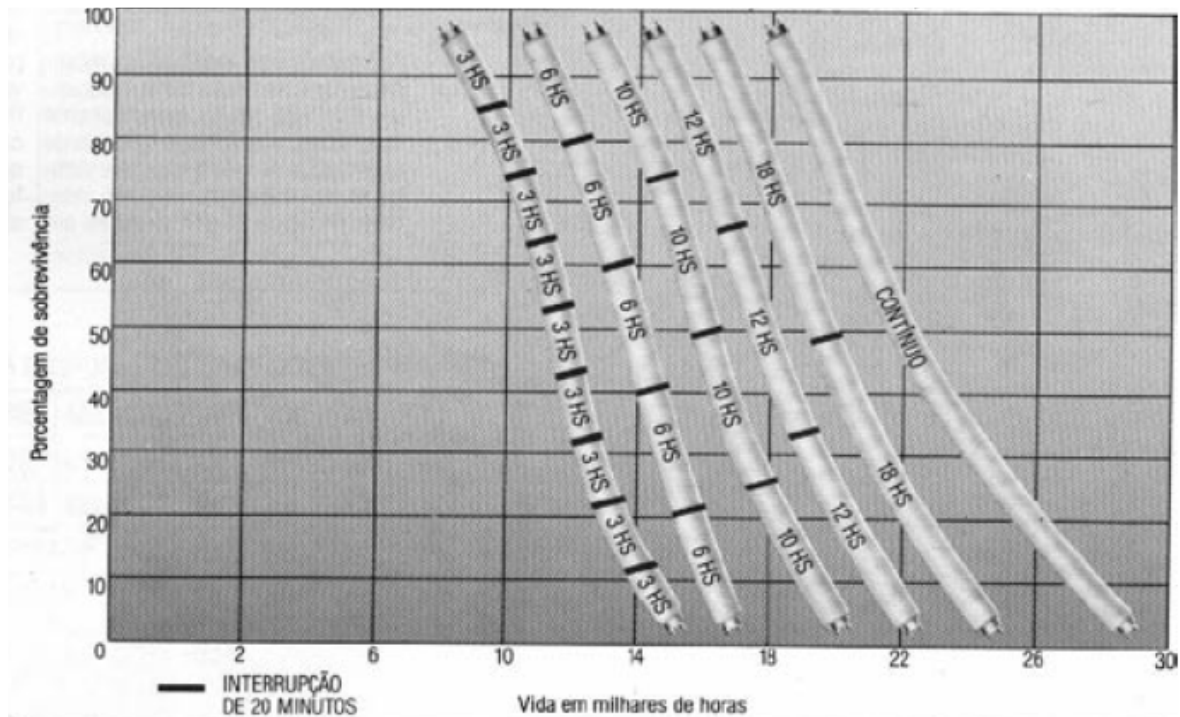


FIGURA 1 - CURVA TÍPICA DE MORTALIDADE EM FUNÇÃO DO CICLO DE FUNCIONAMENTO
 FONTE: ROCHA; MONTEIRO (2005)

2.1.3.5 Potência elétrica

A potência elétrica é fundamental em termos de eficiência energética já que os níveis de iluminância desejado assim como o consumo de energia elétrica estão diretamente relacionados com esta grandeza. Com efeito, a potência “é a quantidade de energia solicitada na unidade de tempo” (ROCHA; MONTEIRO, 2005, p. 45). Adicionalmente, a Escola Federal de Engenharia de Itajubá (2006, p. 17) afirma que “a potência elétrica é dada como o produto entre a corrente e a tensão medida entre os dois pontos onde circula tal corrente”. Isto quer dizer que a partir de medições de corrente e tensão pode ser determinada a potência fornecida a uma carga. Por

exemplo, a potência fornecida, no caso da corrente alternada trifásica, é calculada a partir da fórmula:

$$P_{el} = V.I.\sqrt{3} \quad (1)$$

Onde V e I correspondem respectivamente à tensão entre as fases e à corrente em uma das fases.

2.1.3.6 Energia Elétrica Ativa

A Escola Federal de Engenharia de Itajubá (2006) explica que a energia elétrica é definida pelo produto entre a potência elétrica e o tempo durante o qual esta potência se desenvolve (ver fórmula abaixo). A unidade da energia elétrica ativa é o kWh.

$$\text{Consumo (kWh)} = \text{Potência (W)} \times \text{Tempo de uso (h)} \quad (2)$$

Por exemplo, uma lâmpada cuja potência nominal é de 80 watts, “consome”¹ 80 watts-hora ou 0,08 quilowatts-hora (kWh) de energia por hora. Durante 10 horas, essa lâmpada consumirá 0,8 kWh.

2.1.3.7 Custo da energia elétrica

O preço do kWh a que os consumidores cativos (sujeitos às tarifas de energia estabelecidas pela Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL) estão sujeitos depende da tensão a que estiverem ligados: baixa (grupo B) ou alta (grupo A).

¹ A palavra está entre aspas já que, como será visto posteriormente, a potência nominal indicada pelo fabricante de uma lâmpada é uma referência que permite achar um valor aproximado (não necessariamente um valor exato) da energia que pode consumir a mesma.

Adicionalmente, existem subgrupos como, por exemplo: B1 (residencial; residencial baixa renda); B2 (rural; cooperativa de eletrificação rural; irrigação); B3 (demais classes) e B4 (iluminação pública). É assim como dependendo do subgrupo existirá uma tarifa específica, reajustada anualmente, e o valor a ser cobrado do consumidor corresponderá ao valor da tarifa com um incremento por impostos PIS, COFINS e ICMS (ROCHA; MONTEIRO, 2005).

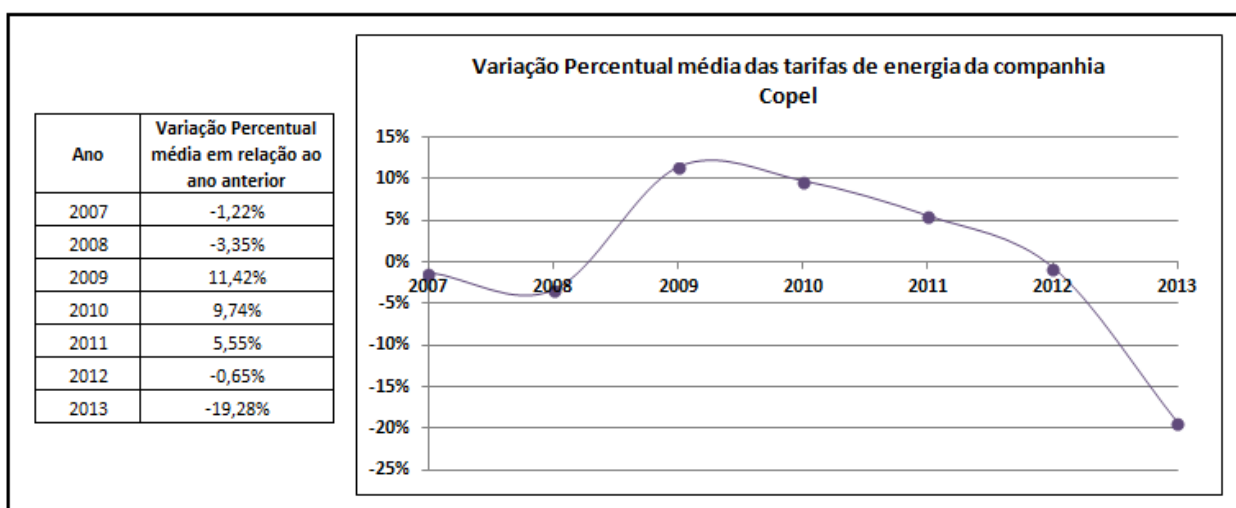


GRÁFICO 1 - VARIAÇÃO PERCENTUAL MÉDIA DAS TARIFAS DE ENERGIA DA COPEL NOS ÚLTIMOS 7 ANOS

FONTE: ADAPTADO DE COPEL (2013a)

O gráfico 1 mostra a variação percentual média das tarifas de energia da companhia Copel desde 2007 até 2013. Percebe-se que a variação pode representar um aumento ou uma diminuição significativa da tarifa. Vale ressaltar que as alterações tarifárias são independentes do reajuste do salário mínimo ou a inflação, segundo afirma a Agência Nacional de Energia Elétrica (2011).

2.1.4 Tipos de lâmpadas usuais

A Philips do Brasil Ltda. [201?a, p. 1] define a lâmpada como um “dispositivo elétrico que transforma energia elétrica em energia luminosa e/ou energia térmica.”

Ter um conhecimento dos diferentes tipos de lâmpadas disponíveis no mercado é de grande utilidade para a correta escolha deste dispositivo, que leva em consideração potência, fluxo luminoso, rendimento, reprodução de cores, vida útil, custo, curva de distribuição de luz do conjunto lâmpada-luminária, entre outros fatores (GONÇALVES; VIANNA; MOURA, 2011).

2.1.4.1 Lâmpadas incandescentes

Incandescentes comuns: De acordo com Gonçalves, Vianna e Moura (2011), as lâmpadas incandescentes comuns representam uma das mais antigas e conhecidas fontes de luz artificial. Emitem luminosidade por meio da passagem de corrente elétrica por um filamento de tungstênio, que ao se aquecer, gera luz. São dimerizáveis e têm uma excelente reprodução de cores, mas a sua eficiência é bastante baixa (ver figura 3).

Incandescentes halógenas: Rodrigues (2002) explica que no caso das lâmpadas halógenas são introduzidos gases halógenos dentro do bulbo que se combinam com as partículas de tungstênio do filamento. As vantagens desta lâmpada quando comparada às incandescentes tradicionais é que a luz é mais branca, geram mais luz com potência menor ou igual (ver figura 3) e a sua vida útil é mais longa. A iluminação halógena também é dimerizável.

2.1.4.2 Lâmpadas de descarga elétrica

Nas lâmpadas de descarga elétrica, um gás (um vapor de metal ou uma mistura de diversos gases e vapores) é excitado dentro de um tubo de descarga, o que gera luz. Para que a excitação do gás aconteça, é necessária uma voltagem mínima ao mesmo tempo em que a corrente deve manter-se controlada. Por este motivo, todas as

lâmpadas de descarga operam com um reator (GONÇALVES; VIANNA; MOURA, 2011).

Fluorescentes tubulares e compactas: Gonçalves, Vianna e Moura (2011) explicam que nas lâmpadas fluorescentes a corrente elétrica passa através de um gás. Durante a descarga é emitida quase que totalmente radiação ultravioleta que é convertida em luz por um pó que reveste a superfície interna do bulbo. Existem no mercado lâmpadas fluorescentes tubulares que são classificadas segundo seu diâmetro, que pode ser de 38 mm (chamadas T12), 33 mm (T10), 26 mm (T8) e 16 mm (T5). De acordo com Rodrigues (2002, p. 15), quanto menor for o diâmetro, “maior é a possibilidade de desenvolvimento óptico dos refletores, permitindo melhor eficiência das luminárias”. A figura 2 ilustra esta afirmação.

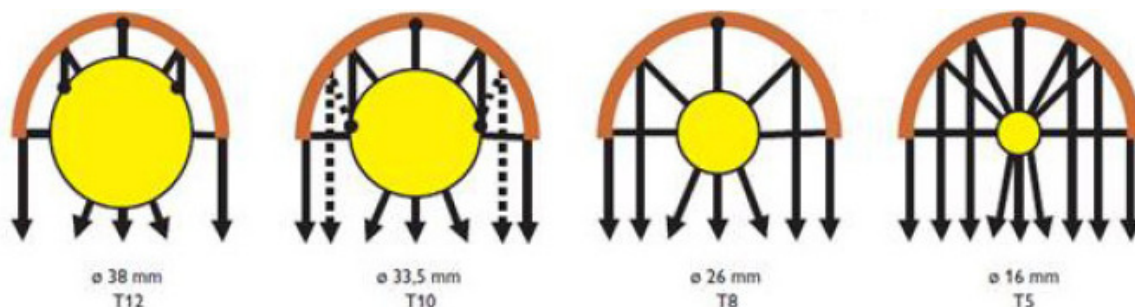


FIGURA 2 - RENDIMENTO DA LUMINÁRIA EM FUNÇÃO DO DIÂMETRO DA LÂMPADA
 FONTE: PHILIPS DO BRASIL LTDA. [201?ª]

Segundo Gonçalves, Vianna e Moura (2011), este tipo de lâmpadas é de alta eficiência (ver figura 3) e longa durabilidade. Porém, não devem ser acesas e apagadas com muita frequência já que isto encurta a sua vida útil. Philips do Brasil Ltda. [201?ª] explica que por este motivo não é recomendável o uso de minuterias ou sensores de presença. Por exemplo, no caso das lâmpadas deste fabricante, é necessário que as mesmas tenham um ciclo de funcionamento de pelo menos 2 horas e 45 minutos, por 15 minutos desligadas, para atingirem sua vida estimada. Adicionalmente, propõe o uso de sensores de dimerização que reduzem o fluxo luminoso das lâmpadas (sem apagá-las) quando não há presença no ambiente ou para equalizar as intensidades luminosas das mesmas com a luz natural.

Outro tipo de lâmpada fluorescente é a compacta. Existem de várias formas que são definidas por Gonçalves, Vianna e Moura (2011) como simples, dupla, tripla, flat,

longa ou circular. Adicionalmente, apresentam uma eficiência energética e vida útil muito maior do que as incandescentes (ver figura 3). Alguns modelos possuem reatores eletrônicos já incorporados.

Vapor de sódio, vapor de mercúrio e vapor metálico: Rodrigues (2002) comenta que estas lâmpadas apresentam uma altíssima eficiência, notavelmente a de vapor de sódio (ver figura 3). Porém, algumas devem operar com ignitores além de reatores e demoram vários minutos para conseguir uma emissão luminosa máxima.

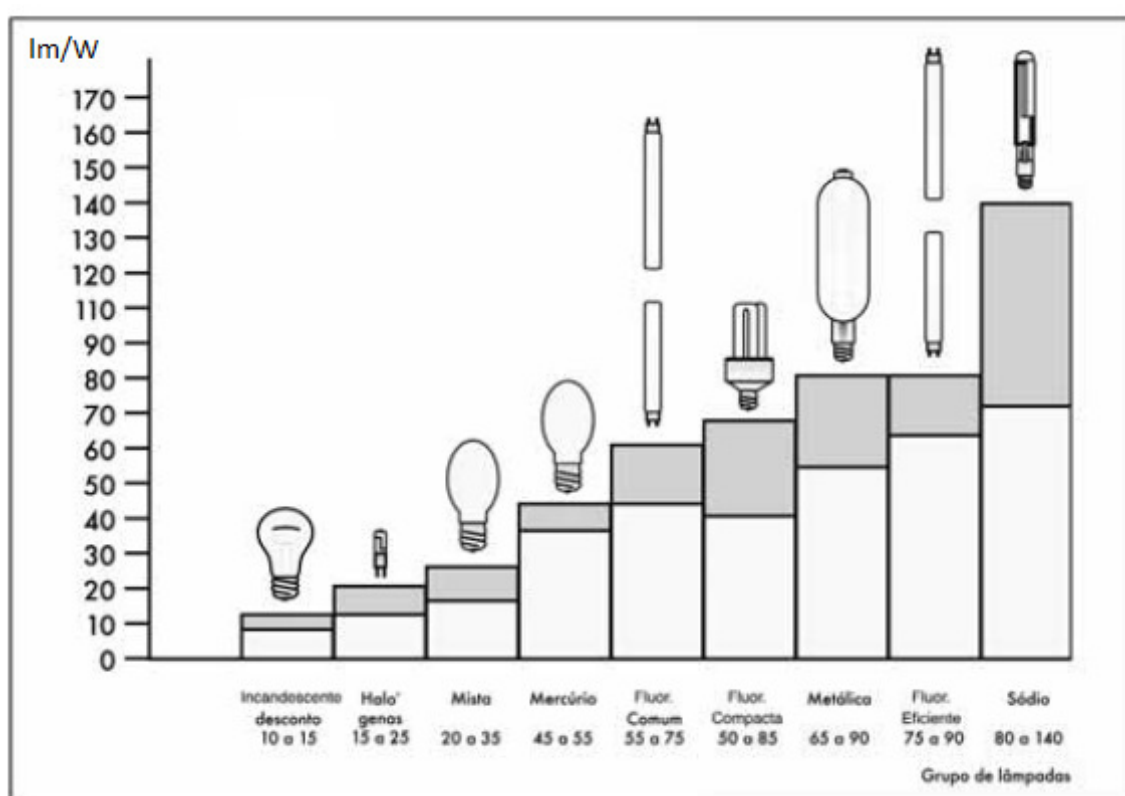


FIGURA 3 – EFICIÊNCIA ENERGÉTICA SEGUNDO O TIPO DE LÂMPADA
 FONTE: Adaptado de ROCHA; MONTEIRO (2005)

2.1.4.3 Informações adicionais

Além das lâmpadas incandescentes e de descarga, existem as de luz mista (de descarga com filamento de tungstênio), mas que demoram em ascender e a eficiência

energética é intermediária (ver figura 3), entre outras desvantagens. Também existem as lâmpadas de LEDs, com um futuro promissor. Porém, atualmente os LEDs ainda não são mais eficientes que as lâmpadas de descarga (GONÇALVES; VIANNA; MOURA, 2011).

Outras informações interessantes referentes a aplicações dos tipos de lâmpadas disponíveis no mercado são apresentadas no quadro 2.

LOCAL	INCANDESCENTE	FLUORESCENTE	VAPOR DE MERCÚRIO	MULTIVAPOR METÁLICO	LUZ MISTA	VAPOR DE SÓDIO ALTA PRESSÃO	HALOGÊNIO
ILUMINAÇÃO INTERIOR							
Galpões		X	X			X	
Escritórios		X					
Sala de desenhista		X					
Corredores		X	X		X		
LOCAIS PÚBLICOS *							
Refeitórios	X	X					
Auditórios	X	X	X	X			
ILUMINAÇÃO EXTERIOR							
Fachadas, monumentos			X	X		X	X
Vias rápidas, pontes, viadutos			X	X		X	X
Estacionamentos, pátios			X	X	X	X	X
Túneis, passagens subterrâneas						X	

* Recomendável a utilização de lâmpadas fluorescentes.

QUADRO 2 - APLICAÇÃO DOS VÁRIOS TIPOS DE LÂMPADAS
FONTE: ROCHA; MONTEIRO (2005)

2.1.5 Equipamentos auxiliares

2.1.5.1 Reatores

Tipos de reatores: De acordo com Philips do Brasil Ltda. [201?b], o reator é um equipamento auxiliar utilizado em conjunto com as lâmpadas de descarga com o propósito de limitar a corrente na lâmpada e fornecer as características elétricas

adequadas. Pode se apresentar de duas formas: eletromagnético e eletrônico. A aplicação correta dos reatores garante um melhor desempenho do sistema de iluminação.

Rodrigues (2002) comenta que, por um lado, os reatores eletromagnéticos são bastante utilizados, mas, devido a suas perdas elétricas, entre outras desvantagens, não são recomendáveis em termos de eficiência energética. Por outro lado, os reatores eletrônicos trabalham em alta frequência (20 a 50 kHz), sendo mais eficientes que os eletromagnéticos.

Existe outro fator relacionado com o funcionamento do reator que pode implicar a necessidade de uso de um ignitor como equipamento auxiliar adicional: o tipo de partida. Philips do Brasil Ltda. [201?b] explica que nos reatores eletromagnéticos de Partida Convencional precisa-se de um starter (tipo de ignitor) enquanto os de Partida Rápida não precisam deste dispositivo. No caso dos reatores eletrônicos, os de Partida Rápida demoram uns poucos segundos para serem energizados e ascenderem as lâmpadas. Já os de partida instantânea, permitem que o acendimento das lâmpadas seja, como seu nome indica, quase instantâneo. Nenhum dos dois precisa de starter.

Perdas: Em termos de eficiência energética é importante aprofundar no tema das perdas dos reatores. No caso dos eletromagnéticos, Philips do Brasil Ltda. [201?b] afirma que as perdas ocorrem devido a efeitos relacionados com aquecimento (efeito Joule) e magnetização (histerese) que devem ser consideradas no cálculo de carga (10 a 15%). As mesmas devem ser adicionadas à potência consumida pelas lâmpadas para calcular o consumo de potência em Watts do conjunto (ver exemplo abaixo). No caso dos reatores eletrônicos, o valor é informado pelo fabricante e está relacionado ao máximo consumo do conjunto de lâmpadas com reator.

- Exemplo 1: Consumo de 2 lâmpadas de 32 Watts com reator eletromagnético
 $32 + 32 + (32 + 32) \times 15\% = 73,6 \text{ W}$
- Exemplo 2: Consumo de 2 lâmpadas de 32 Watts com reator eletrônico
 65 W (informado no catálogo do reator)

2.1.5.2 Outros equipamentos auxiliares

Ignitores: Trata-se de um equipamento auxiliar ligado em alguns casos ao circuito elétrico de uma lâmpada de descarga. Tem como função produzir a tensão necessária para o início da descarga elétrica. (ESCOLA FEDERAL DE ENGENHARIA DE ITAJUBÁ, 2006). Ele é usado, segundo Rodrigues (2002), como dispositivo de partida para lâmpadas de vapor de sódio e vapores metálicos.

Dimmers: Rodrigues (2002) define os dimmers como dispositivos que controlam a potência fornecida a uma lâmpada através de um circuito eletrônico. Normalmente são usados junto com lâmpadas incandescentes. No caso das lâmpadas de descarga, alguns modelos de reatores incorporam a função do dimmer, permitindo o controle da luminosidade em lâmpadas fluorescentes.

Sensores: No campo da iluminação, os tipos de sensores utilizados são os de presença e fotoelétricos. Por um lado, os sistemas com sensores de presença estão compostos por um detector de movimento, uma unidade de controle e um interruptor controlável. Quando o detector sente movimento, envia um sinal para a unidade de controle que abre ou fecha o interruptor controlável. Por outro lado, os sistemas com sensores fotoelétricos identificam a presença de luz natural. Quanto menor seja a quantidade de luz natural disponível no ambiente, maior será a potência fornecida às lâmpadas e vice-versa (RODRIGUES, 2002).

Minuterias: Segundo Rodrigues (2002), as minuterias são dispositivos que, quando um sensor de presença detecta a entrada de uma pessoa em um local, ascendem as lâmpadas somente por um tempo preestabelecido, evitando o desperdício de energia.

2.1.6 Luminárias

2.1.6.1 Componentes básicos de uma luminária

As luminárias são “equipamentos que recebem a fonte de luz (lâmpada) e modificam a distribuição espacial do fluxo luminoso produzido pela mesma (RODRIGUES, 2002, p. 16).” A figura 4 ilustra os componentes básicos de uma luminária.

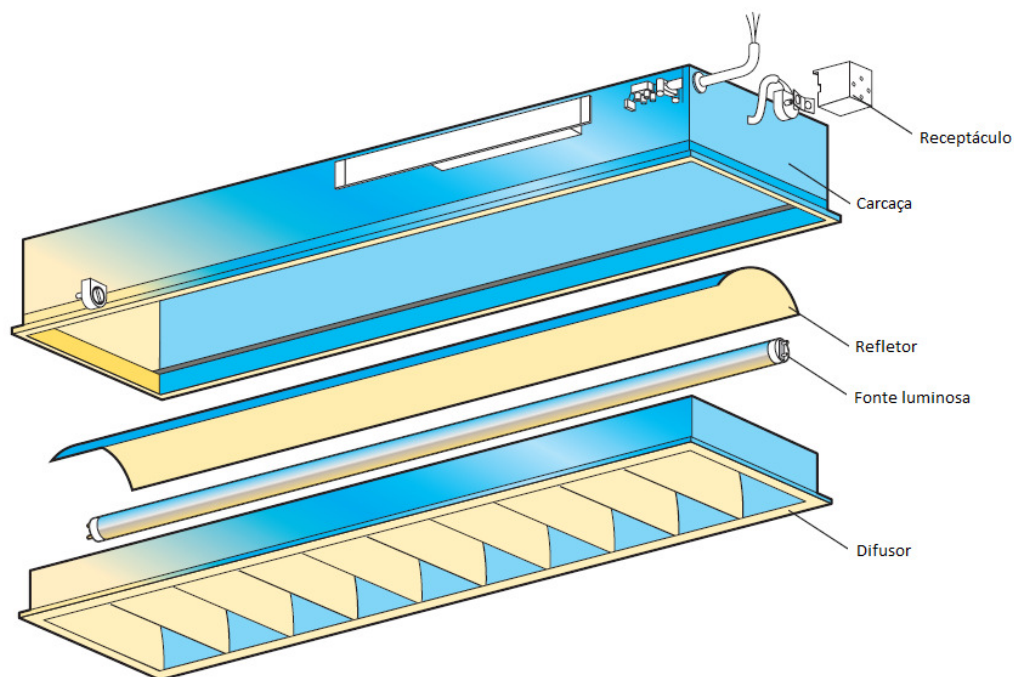


FIGURA 4 - COMPONENTES BÁSICOS DE UMA LUMINÁRIA
FONTE: KONINKLIJKE PHILIPS ELECTRONICS N.V.(2008)

Gonçalves, Vianna e Moura (2011) mencionam requisitos básicos, relacionados com as funcionalidades das luminárias. Eis alguns:

- proporcionar suporte e conexão elétrica à(s) lâmpada(s);
- controlar e distribuir corretamente a luz emitida pela fonte luminosa;
- ter um bom rendimento;
- manter a temperatura de operação da lâmpada no nível apropriado;

- facilitar a instalação e a manutenção;
- proteger a lâmpada e partes elétricas contra agentes atmosféricos que possam danificá-los.

Dado que o que define realmente a eficiência luminosa do equipamento de iluminação é o conjunto lâmpada-luminária (ROCHA; MONTEIRO, 2005), é importante explicar com mais detalhe a função de dois componentes fundamentais das luminárias em termos de eficiência energética: o refletor e o difusor.

Refletor: De acordo com Rodrigues (2002, p. 18), os refletores “são dispositivos que servem para modificar a distribuição espacial do fluxo luminoso de uma fonte”. O seu papel na eficiência do sistema de iluminação é fundamental. Com efeito, segundo (ROCHA; MONTEIRO, 2005), a escolha de um refletor altamente eficiente pode implicar em uma redução de até 70% do número de lâmpadas, ocasionando grande economia de energia elétrica.

Difusor: Dispositivo colocado em frente à fonte de luz com a finalidade de diminuir sua luminosidade, reduzindo as possibilidades de ofuscamento. Vale lembrar que o ofuscamento pode provocar sensação de desconforto e prejudicar o desempenho visual das pessoas presentes no local. Daí a importância desta peça, que pode reduzir o fluxo luminoso emitido pela lâmpada em uma porcentagem significativa, dependendo do material utilizado (RODRIGUES, 2002).

2.1.6.2 Rendimento de uma luminária

O rendimento de uma luminária é o quociente entre o fluxo luminoso total emitido por ela e o fluxo luminoso emitido pela(s) lâmpada(s). O rendimento deve ser dado em porcentagem pelo catálogo do fabricante, sendo um parâmetro importante de comparação entre luminárias e em análises econômicas. As de melhor rendimento gerarão mais fluxo útil no plano de trabalho com um consumo de energia menor (GONÇALVES; VIANNA; MOURA, 2011).

A figura 5 mostra como o refletor de uma luminária para lâmpadas fluorescentes tubulares pode aumentar o fluxo luminoso direcionado a um local específico.

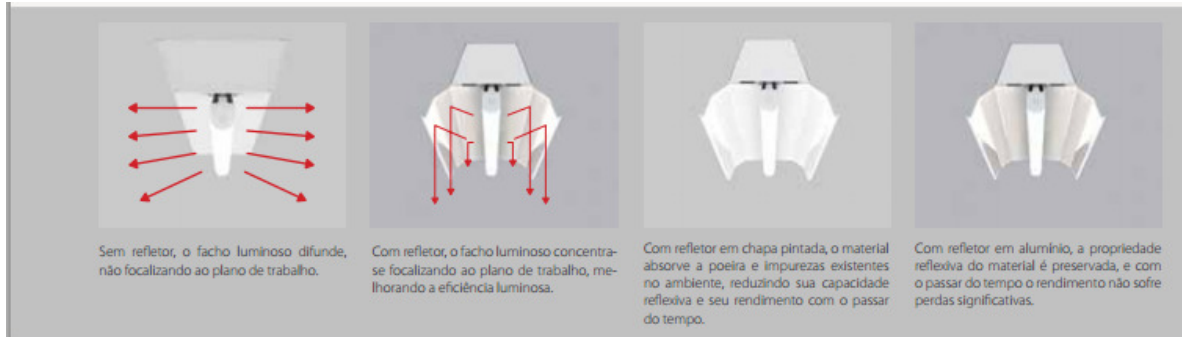


FIGURA 5 - EFEITOS DA LUMINÁRIA NO FLUXO LUMINOSO DE UMA LÂMPADA FLUORESCENTE
FONTE: LUMICENTER [201?]

2.1.7 Cálculo da economia

De acordo com Rocha e Monteiro (2005), a economia em reais, no caso dos sistemas de iluminação, pode ser calculada aplicando a fórmula a seguir:

$$\text{Economia} = [kW(\text{antes}) - kW(\text{depois})] \times \text{tempo de funcion. no mês} \times R\$/kWh \quad (3)$$

Onde:

- $kW(\text{antes})$: Demanda de potência do sistema de iluminação anterior ao projeto
- $kW(\text{depois})$: Demanda de potência do sistema de iluminação implantado
- *Tempo de funcion. no mês*: Quantidade de horas de funcionamento das lâmpadas
- $R\$/kWh$: Tarifa da energia elétrica (com impostos).

Vale ressaltar que esta fórmula é válida se os preços médios forem os mesmos antes e depois do projeto, lembrando que a tarifa representa o preço médio no caso dos consumidores de baixa tensão. Rocha e Monteiro (2005, p. 69) explicam adicionalmente que “sempre que tiver um reajuste tarifário, os preços médios anteriores à implementação deverão ser recalculados utilizando as tarifas reajustadas.”

2.2 ANÁLISE DE INVESTIMENTOS

De acordo com Rocha e Monteiro (2005), a redução no consumo de energia elétrica proporciona às empresas do setor indutrial e comercial uma redução substancial do custo com este insumo. Essa redução, exige novos investimentos e em caso da empresa ter escassos recursos, o processo de tomada de decisão constitui-se em uma das questões de maior relevância.

2.2.1 A decisão de investir

Souza e Clemente (2006) definem um investimento, no caso de uma empresa, como um desembolso feito a fim de gerar um fluxo de benefícios futuros, usualmente superior a um ano. Adicionalmente, afirmam que esses ganhos futuros não são certos e que investidores potenciais farão avaliações distintas de uma mesma oportunidade de investimento, evidenciando a complexidade da tomada de decisão de investir. Porém, é necessário desenvolver um modelo teórico que permita dar suporte às decisões. A essa altura é importante fazer uma distinção entre risco e incerteza. Em uma situação de risco, os eventos possíveis são conhecidos assim como suas probabilidades de ocorrência. Já em uma situação de incerteza, desconhecem-se os eventos possíveis e suas probabilidades de ocorrência. Nesse contexto nasce o conceito de projeto de investimento, interpretado pelo autor como um esforço para elevar o nível de informação a fim de diminuir o nível de incerteza e assim conseguir melhorar a tomada de decisão. A figura 6 ilustra este conceito.

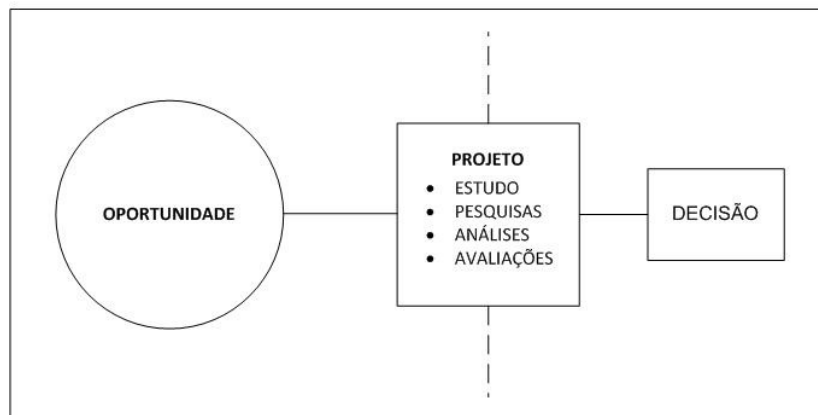


FIGURA 6 - PROJETO DE INVESTIMENTO
FONTE: SOUZA (2006)

2.2.2 Horizonte de planejamento

De acordo com Souza e Clemente (2006), os métodos de avaliação das oportunidades de investimento baseiam-se na comparação da magnitude do investimento com os ganhos líquidos esperados durante certo período de tempo denominado horizonte de planejamento. O mesmo é influenciado por fatores ligados à natureza dos projetos e, de modo geral, ele será tanto mais curto quanto menor for a vida útil dos ativos fixos envolvidos e quanto menor for a capacidade financeira da empresa.

2.2.3 Fluxo de caixa

2.2.3.1 Definição

O fluxo de caixa é um diagrama que permite a visualização de um problema envolvendo receitas e despesas que ocorrem em diferentes momentos. Consiste em

uma escala horizontal onde são marcados os períodos de tempo, setas para cima representando as entradas e setas para baixo representando as saídas de caixa (CASAROTTO FILHO; KOPITKE, 2006).

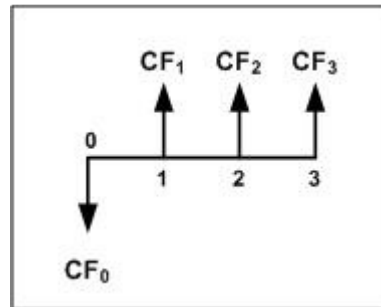


FIGURA 7 - DIAGRAMA DE FLUXO DE CAIXA DE 3 PERÍODOS
FONTE: O autor

A figura 7 mostra um fluxo de caixa que representa um projeto de investimento cujo horizonte de planejamento é de 3 períodos de duração. Contém uma única saída de caixa CF_0 que corresponde ao investimento inicial e 3 entradas de caixa representadas por CF_1 , CF_2 e CF_3 .

2.2.3.2 Efeitos do imposto de renda e da fonte de financiamento

De acordo com Souza e Clemente (2006, p.111), “o Imposto de Renda é uma saída de caixa proporcional à renda tributável (lucro antes de imposto de renda - LAIR) e, como tal, deve ser considerada nos fluxos de caixa.” Caso o investimento envolva bens depreciables e algum financiamento, para determinar o fluxo de caixa considerando os efeitos do imposto de renda e da fonte de financiamento, deve-se levar em consideração a parcela referente à depreciação linear, a amortização e os juros.

A figura 8 ilustra a metodologia para determinar o fluxo de caixa após financiamento e imposto de renda. Lembrando que o imposto de renda (correspondente ao número 7 da figura 8) é calculado fazendo incidir sobre a Renda Tributável a alíquota correspondente. Adicionalmente, é importante levar em consideração que “na realidade

costuma ocorrer uma defasagem de um exercício entre a ocorrência do lucro e o pagamento do imposto” (CASAROTTO FILHO; KOPITTKKE, 2006, p. 158).

Fluxo de Caixa antes de Financiamento e de Imposto de Renda	Amortização	Juros	Fluxo de Caixa após Financiamento e antes de Imposto de Renda	Depreciação	Renda Tributável	Imposto de Renda	Fluxo de Caixa após Financiamento e Imposto de Renda
①	②	③	④ = ① - ② - ③	⑤	⑥ = ① - ③ - ⑤	⑦	⑧ = ① - ② - ③ - ⑦

FIGURA 8 - EFEITOS DO IMPOSTO DE RENDA E DA FONTE DE FINANCIAMENTO
FONTE: SOUZA (2006)

2.2.4 TMA (Taxa Mínima de Atratividade)

Na análise de investimentos, existem vários métodos cuja aplicação precisa da determinação de uma taxa chamada de Taxa de Mínima Atratividade (TMA). A sua descrição envolve características que são explicadas de maneira complementar por diferentes autores. De acordo com Kassai et al. (2000, p. 58):

Entende-se por Taxa Mínima de Atratividade (TMA) a taxa mínima a ser alcançada em determinado projeto; caso contrário, o mesmo deve ser rejeitado. É também, a taxa utilizada para descontar os fluxos de caixa quando se usa o método do Valor Presente Líquido (VPL) e é parâmetro de comparação para TIR. É o rendimento mínimo de uma segunda melhor alternativa do mercado.

Souza e Clemente (2006) complementam esta definição explicando que se trata da “melhor taxa, com baixo grau de risco, disponível para aplicação do capital em análise” e que, considerando que fica implícito que o capital para investimento fica aplicado à TMA, o conceito de riqueza gerada deve levar em conta somente o excedente sobre o que será obtido além da aplicação do capital na TMA.

Casarotto Filho e Kopittke (2006), além de definir a TMA de maneira similar, explicam alguns métodos para achá-la. Com efeito, afirmam que para pessoas físicas no Brasil, é frequente que o valor da TMA na análise de investimentos seja igual aos rendimentos da caderneta de poupança. No caso das empresas, a determinação da

TMA depende do horizonte de planejamento ou da estratégia da empresa. Por exemplo, para investimentos de curtíssimo prazo, pode-se considerar como TMA a taxa de remuneração de títulos bancários de curto prazo. Em investimentos cujo horizonte de planejamento chega até seis meses, pode-se adotar como TMA a média ponderada dos rendimentos das contas do capital de giro da empresa. Já em investimentos de longo prazo, a TMA está ligada com as metas estratégicas da empresa. Estes autores comentam adicionalmente que em investimentos de curto e médio prazo, a TMA deve ser superior ao custo de oportunidade do capital. Esta relação faz sentido, já que no momento de analisar um projeto de investimento deve considerar-se o fato de ser estar perdendo a oportunidade de aplicar esse mesmo capital em outros projetos. No caso de investimentos de longo prazo, a TMA de uma empresa não deve ser inferior ao custo dos empréstimos de longo prazo nem à expectativa de ganhos dos acionistas e à taxa de crescimento estratégica da empresa. Isto quer dizer que é importante considerar o custo do capital próprio da empresa (relacionado com o retorno dos acionistas) assim como o custo do capital de terceiros (relacionado com os empréstimos da empresa) no cálculo da TMA para projetos de prazo superior a seis meses.

Souza e Clemente (2006, p. 74) expõem outra alternativa para determinar a TMA:

A base para estabelecer uma estimativa da TMA é a taxa de juros praticada no mercado. As taxas de juros que mais impactam a TMA são: Taxa Básica Financeira (TBF); Taxa Referencial (TR); Taxa de Juros de Longo Prazo (TJLP) e Taxa do Sistema Especial de Liquidação e Custódia (SELIC).

O estabelecimento de um horizonte de planejamento e um fluxo de caixa, assim como, a escolha da TMA permitem passar à fase seguinte do projeto de investimento que consiste na determinação e análise de indicadores.

2.2.5 Indicadores de análise de projetos de investimentos

Souza e Clemente (2006, p. 70) explicam que os indicadores de análise de projetos de investimentos podem ser classificados em duas grandes categorias. Na primeira encontram-se indicadores associados à rentabilidade do projeto tais como Valor Presente Líquido, o Valor Presente Líquido Anualizado, a Taxa Interna de Retorno, o Índice Benfício/Custo e o Retorno sobre o Investimento Adicionado. Na segunda categoria encontram-se indicadores associados ao risco do projeto tais como a Taxa Interna de Retorno e o Período de Recuperação do Investimento, entre outros. Adicionalmente, estes autores afirmam que, “a rigor, esses indicadores auxiliam na percepção do comportamento entre risco e retorno, ou seja, maiores riscos ensejam um aumento no retorno esperado”.

2.2.5.1 Método do Valor Presente Líquido

Trata-se de uma técnica robusta muito conhecida e utilizada para análise de investimentos. Segundo Souza e Clemente (2006, p. 104), o Valor Presente Líquido (VPL) concentra todos os valores esperados de um fluxo de caixa na data “zero” usando-se como taxa de desconto a TMA. Ou seja, “representa, em valores monetários de hoje, a diferença entre os recebimentos e os pagamentos de todo o projeto.”

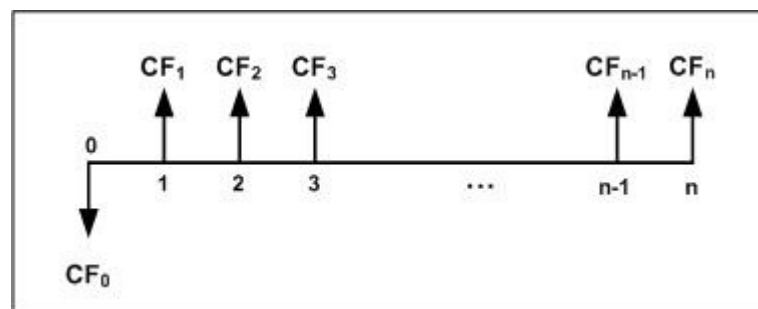


FIGURA 9 - FLUXO DE CAIXA GENERALIZADO
FONTE: Adaptado de SOUZA (2006)

Em termos matemáticos, determinar o VPL baseado no Fluxo de Caixa da figura 9 implica efetuar o cálculo a seguir²:

$$VPL = -CF_0 + \sum \frac{CF_j}{(1 + TMA)^j} \quad \forall j = 1, 2, \dots, n \quad (4)$$

Percebe-se que quanto maior for a TMA, menor o será o VPL. Em Microsoft Excel, usa-se a função financeira “VPL” digitando a fórmula:

$$= -CF_0 + VPL(TMA; CF_1: CF_n) \quad (5)$$

Se o VPL for superior a zero, significa que o investimento inicial será recuperado e também a parcela que teria sido ganha se esse capital tivesse sido aplicado à TMA. Além disso, obtém-se um excedente (excesso de caixa), em valores monetários de hoje, que corresponde ao valor do VPL. Se o VPL for igual a zero, o projeto é viável já que gerou um lucro igual ao mínimo esperado. Porém, isto não o torna necessariamente mais atrativo, já que a riqueza gerada é nula (SOUZA; CLEMENTE, 2006).

Portanto, se o VPL obtido for superior a zero, o projeto é viável e merece seguir sendo analisado, sem ser um critério suficiente para determinar a sua atratividade. Por este motivo, é importante recorrer a outros indicadores como, por exemplo, o Valor Anual Uniforme Equivalente (VAUE), cuja explicação é apresentada a seguir.

2.2.5.2 Método do Valor Anual Uniforme Equivalente (VAUE)

Conhecido também como Valor Presente Líquido Anualizado (VPLa). Este método, bastante aplicado em projetos com horizontes de planejamento longos, facilita o raciocínio do decisor já que apresenta os ganhos por período e não o ganho

² Caso CF_0 já tenha sido expressado como um valor negativo nos fluxos de caixa, o símbolo de subtração que o antecede nas fórmulas apresentadas em toda a seção 2.2.5 deve ser desconsiderado.

acumulado ao longo de diversos períodos como é o caso do método do VPL (SOUZA; CLEMENTE, 2006). Com efeito, enquanto o VPL traz todos os valores do fluxo de caixa para a data presente, o VAUE, segundo explicam Casarotto Filho e Kopittke (2006), consiste em achar a série uniforme anual equivalente a todos os custos e receitas para cada projeto utilizando-se a TMA. O projeto que tiver o maior saldo positivo é o melhor.

Em termos matemáticos, para determinar o VAUE, baseado no Fluxo de Caixa da figura 9, deve-se efetuar o cálculo a seguir:

$$VAUE = VPL \times \frac{TMA \times (1 + TMA)^n}{(1 + TMA)^n - 1} \quad (6)$$

A figura 10 ilustra como ficaria a série uniforme equivalente. Em Microsoft Excel, usa-se a função financeira “PGTO” digitando a fórmula:

$$= PGTO(TMA; n; -VPL) \quad (7)$$

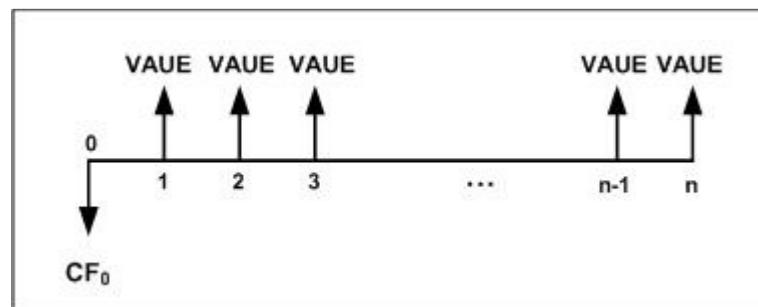


FIGURA 10 - SÉRIE UNIFORME (MÉTODO DO VAUE)
FONTE: O autor

Se o VAUE for igual a zero, o projeto seria ainda viável já que ter-se-ia atingido o retorno mínimo desejável. Porém, esta situação não é favorável em termos de atratividade.

Se o VAUE obtido for superior a zero, o projeto é viável e merece seguir sendo analisado, sem ser um indício suficiente para determinar se deve ser escolhido ou não. Portanto, o cálculo de indicadores adicionais é ainda importante.

2.2.5.3 Índice Benefício Custo

O Índice Benefício Custo (IBC) é a razão entre o Valor Presente do Fluxo de Benefícios de um projeto e o Valor Presente do Fluxo de Investimentos necessários para realizá-lo.

$$IBC = \frac{\text{Valor Presente do fluxo de benefícios}}{\text{Valor presente do fluxo de investimentos}} \quad (8)$$

Segundo Souza e Clemente (2006, p. 104), o IBC “representa, para todo o horizonte de planejamento (N), o ganho por unidade de capital investido no projeto após expurgado o efeito da TMA.” Se o IBC for superior a 1, vale a pena continuar a análise do projeto. Vale ressaltar que no cálculo deste indicador, está implícito o reinvestimento dos benefícios à TMA.

Por exemplo, suponha-se que o IBC de um projeto é igual a 1,3 e o seu horizonte de planejamento é de 10 anos. Isto significa que para cada \$1 unidade monetária, espera-se retirar, após 10 anos, \$1,3 unidades monetárias depois de expurgado o ganho que se teria tido com uma aplicação na TMA. A rentabilidade real esperada é então de 30% em 10 anos. É importante notar que neste exemplo, não é correto comparar a taxa de rentabilidade de 30% com a TMA, já que não se referem ao mesmo período (a TMA é anual). Por esta razão, existe a alternativa de achar uma taxa equivalente cujo período corresponda com o da TMA. Essa taxa é denominada ROIA (Retorno Adicional sobre o Investimento).

2.2.5.4 Retorno Adicional Sobre o Investimento

De acordo com Souza e Clemente (2006, p. 82), “o ROIA é a melhor estimativa de rentabilidade para um projeto de investimento. Representa, em termos percentuais,

a riqueza gerada pelo projeto.” Este indicador deriva da taxa obtida a partir do IBC para cada período do projeto. O esquema representativo para calcular o ROIA é ilustrado pela figura 11.

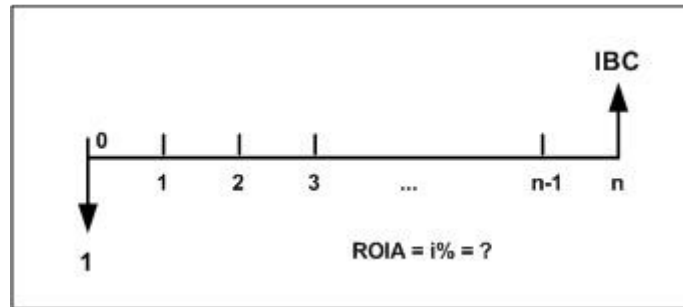


FIGURA 11 - ESQUEMA PARA O CÁLCULO DO ROIA
FONTE: Adaptado de SOUZA (2006)

Para achar o ROIA com a ajuda do Microsoft Excel, utiliza-se a função financeira “TAXA” como apresentado na equação 9.

$$= \text{TAXA}(n; ; -1, \text{IBC}) \quad (9)$$

O ROIA pode-se interpretar como o ganho em porcentagem, por período, além da TMA.

2.2.5.5 Método da TIR (Taxa Interna de Retorno)

Casarotto Filho e Kopittke (2006, p. 130) explicam que “o método da Taxa Interna de Retorno requer o cálculo da taxa que zera o Valor Presente dos fluxos de caixa das alternativas.”

Em termos matemáticos, a Taxa Interna de Retorno (TIR) corresponde ao valor da incógnita i , solução da equação a seguir:

$$\text{VPL} = \sum_{j=0}^n \frac{\text{CF}_j}{(1+i)^j} = 0 \quad \forall j = 1, 2, \dots, n \quad (10)$$

O principal problema é que essa equação pode ter várias soluções. Kassai et al. (2000) comentam que um projeto representado por um fluxo de caixa que tenha várias inversões de sinais entre fluxos de caixa positivos e negativos, pode apresentar uma ou mais TIR positivas e/ou negativas. Também se pode apresentar uma única TIR ou ainda não existir solução. Baseado no teorema de Descartes, explica que o número máximo de valores possíveis de TIR está ligado ao número de vezes em que há troca de sinal de um fluxo de caixa e é caracterizado por $m - 2k \geq 0$. Nesta relação, m representa o número de mudanças de sinais e k é um número natural (positivo e inteiro). Por exemplo, em um fluxo de caixa que apresenta duas inversões de sinal, poderão existir zero ou até dois valores possíveis para a TIR.

Em Microsoft Excel, a função financeira que permite determinar os possíveis valores desta taxa é “TIR” e é digitada da maneira a seguir:

$$= \text{TIR}(-CF_0; CF_n; \text{Estimativa}) \quad (11)$$

Onde “Estimativa” é uma taxa que o analista deve escolher para achar os diferentes valores que pode apresentar a TIR.

Existem outros aspectos sobre a TIR que requerem atenção. O primeiro, é que a TIR é uma taxa periódica e não uma taxa para todo o projeto. O segundo é que durante a comparação entre um projeto A e um projeto B, não é correto afirmar que, se a TIR_A do projeto A for maior do que a TIR_B do projeto B, o projeto A é melhor.

Em termos de análise, “é economicamente atraente todo investimento que apresente TIR maior ou igual à TMA” (KASSAI ET AL., 2000, p. 66). Adicionalmente, Souza e Clemente (2006, p. 104) afirmam que “a TIR também pode ser vista como uma estimativa do limite superior da rentabilidade do projeto.” e “o risco do projeto aumenta na medida em que a TMA se aproxima da TIR”.

2.2.5.6 Taxa de retorno modificada

Seja o fluxo de caixa da figura 12 e uma TMA anual de 10%.

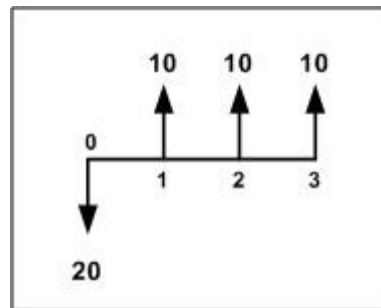


FIGURA 12 - EXEMPLO DE FLUXO DE CAIXA
FONTE: O autor

A TIR deste fluxo de caixa é de 23,4%, o VPL é de 4,87 e o VAUE é de 1,96. Na interpretação de Casarotto Filho e Kopittke (2006), estes resultados supõem que as parcelas recebidas tenham sido reaplicadas à TMA no caso do VLP e do VAUE e à TIR no caso do método da Taxa Interna de Retorno. Este exemplo somente apresenta um investimento inicial, mas se existissem mais parcelas negativas, supor-se-ia também que seu custo de obtenção é o da TMA ou da TIR dependendo do método utilizado. Porém, na realidade é possível que as parcelas recebidas tenham sido reaplicadas a uma taxa de reinvestimento diferente à TMA ou à TIR e as parcelas negativas devam ser descontadas a uma taxa de financiamento específica.

Como alternativa para levar em consideração taxas de financiamento e reinvestimento assim como evitar que existam várias ou nenhuma solução na resolução da equação que permite achar a TIR, foi proposta a TIR modificada ou TIRM. Kassai et al. (2000) descrevem a metodologia para achar esta taxa:

- calcular o Valor Presente (PV) de todos os investimentos a uma taxa de financiamento compatível;
- calcular o Valor Futuro (FV) de todos os lucros a uma taxa de reinvestimento compatível;

- obtém-se um novo fluxo de caixa com apenas o valor de PV no período “zero” e FV no último período, correspondente ao mesmo horizonte de planejamento do fluxo original (ver figura 13);
- calcular a TIR do fluxo de caixa modificado.

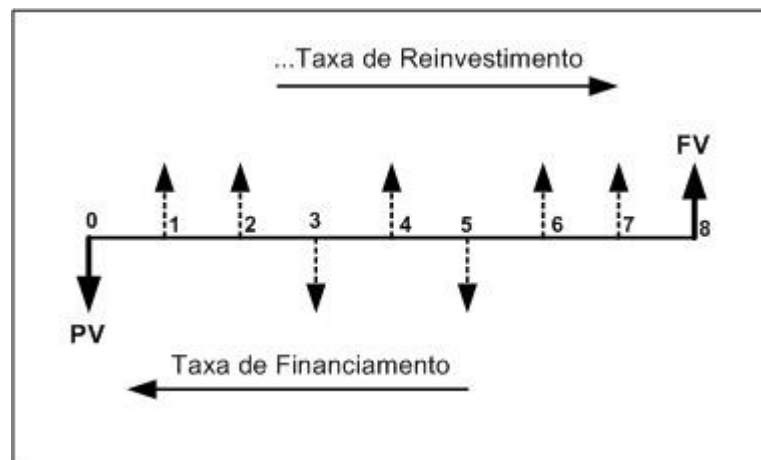


FIGURA 13 - GERAÇÃO DE UM FLUXO DE CAIXA PARA O CÁLCULO DA TIRM
FONTE: KASSAI ET AL. (2000)

Em Microsoft Excel, a função financeira que permite determinar a TIRM do fluxo original especificando as taxas de financiamento e reinvestimento (sem precisar calcular o valor presente ou valor futuro) é digitada da maneira a seguir:

$$= \text{MTIR}(-CF_0; CF_n; \text{Taxa de Financiamento}; \text{Taxa de Reinvestimento}) \quad (12)$$

É assim como no exemplo do fluxo de caixa da figura 12, considerando uma taxa de reinvestimento igual à TMA e nenhuma taxa de financiamento já que existe somente um investimento inicial, a TIRM calculada é de 18,3%.

Em termos de análise, Casarotto Filho e Kopittke (2006) consideram este método mais realista e flexível, já que permite um amplo estudo de sensibilidade onde podem ser utilizadas taxas de reinvestimento inferiores à TMA, por exemplo.

2.2.5.7 Tempo de recuperação do capital investido

Chamado também de “Pay-Back Time”, é definido por Souza e Clemente (2006, p. 91) como “o número de períodos necessários para que o fluxo de benefícios supere o capital investido”. Por exemplo, no fluxo de caixa da figura 12, o “Pay-Back Time” é de 2 anos pois as duas primeiras parcelas totalizam 20, que corresponde ao valor do investimento inicial.

De acordo com Kassai et al. (2000), o projeto apresenta indicações de inviabilidade caso o “Pay-Back Time” exceda o limite fixado pela empresa. Porém, este método apresenta várias deficiências. Com efeito, a magnitude e distribuição dos fluxos de caixa não são consideradas, nem os fluxos de caixa que ocorrem após o período de “Pay-Back Time”. Adicionalmente, não é considerado o “valor do dinheiro do tempo”. Portanto, é recomendável que seja aplicado o método de “Pay-Back” descontado, onde o prazo de recuperação do capital é determinado descontando os valores pela TMA.

Por exemplo, seja uma TMA de 12%. Retomando o fluxo de caixa da figura 12, novos valores são gerados e apresentados tabela 1.

Ano	Fluxo de Caixa	Valores Descontados	Valor Recuperado
0	0		
1	10	\$8,93	\$8,93
2	10	\$7,97	\$16,90
3	10	\$7,12	\$24,02

TABELA 1 - CAPITAL RECUPERADO (MÉTODO DO “PAY-BACK” DESCONTADO)
FONTE: O autor

Nesse caso, o “Pay-Back Time” é de 2,44 anos, ou mais precisamente 2 anos, 5 meses e 7 dias.

Vale ressaltar que o método do “Pay-Back Time”, original ou descontado, é útil para complementar análises de risco, já que, segundo afirma Souza e Clemente (2006, p. 93), “o risco do projeto aumenta à medida que o Pay-Back se aproxima do final do horizonte de planejamento”.

Os métodos de análise acima apresentados são determinísticos, já que admitia-se conhecer com certeza os elementos que compõem o fluxo de caixa, tais como a taxa de desconto a ser utilizada, o horizonte de planejamento, as receitas e os custos. Porém, na prática existem certo risco e incerteza que podem ser tratados, entre outras técnicas, por meio da análise de sensibilidade.

2.2.6 Análise de sensibilidade

De acordo com Souza e Clemente (2006, p. 132), “a técnica de Análise de Sensibilidade é utilizada para o caso em que há poucos componentes do fluxo de caixa sujeitos a aleatoriedade e o grau dessa aleatoriedade seja baixo”. Adicionalmente, explicam que esta técnica aplica-se variando os parâmetros de entradas (por exemplo, a TMA, as receitas baseado em alguma taxa estimada etc.) e determinando, para cada um desses parâmetros, vários indicadores. A ideia é determinar quais parâmetros são os que provocam maior variação nos indicadores. Esses parâmetros podem ser considerados como críticos e implicam a procura de mais informações que permitam melhorar sua estimativa.

3 METODOLOGIA

Oliveira (2003) explica que na fase de elaboração de um projeto, deve-se determinar a natureza do problema, definir o tipo de pesquisa que será desenvolvido e as técnicas e métodos utilizados. Estes aspectos envolvem a metodologia de pesquisa científica, que em outras palavras define o método a adotado para alcançar o objetivo da pesquisa.

3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA.

A pesquisa gira em torno a um problema cuja abordagem pode ter um enfoque quantitativo ou um enfoque qualitativo. De acordo com Sampieri, Collado e Lucio (2003, p.5), o enfoque quantitativo “utiliza a coleta e a análise de dados para responder às questões de pesquisa e testar hipóteses estabelecidas previamente, e confia na medição numérica, na contagem e frequentemente no uso da estatística para estabelecer com exatidão os padrões de comportamento de uma população”. O enfoque qualitativo “utiliza coleta de dados sem medição numérica para descobrir ou aperfeiçoar questões de pesquisa e pode ou não provar hipóteses em seu processo de interpretação”.

Levando em consideração as definições acima expostas, o enfoque da presente pesquisa se encaixa no aspecto qualitativo, já que visa expor os resultados da análise de um caso específico sem pretender testar uma hipótese estabelecida.

Além do enfoque dado à abordagem do problema, as pesquisas são classificadas também segundo os objetivos que pretendem ser alcançados. Sampieri, Collado e Lucio (2003) explicam que os estudos exploratórios são aqueles cujo tema ou problema de pesquisa tem sido pouco estudado. Nos estudos descritivos, são medidas ou coletadas informações sobre uma série de questões para assim descrever o que se

pesquisa e os estudos explicativos estão destinados a dar resposta sobre as causas de acontecimentos.

Como foi apresentado na primeira parte, o presente trabalho estuda um caso específico de uma maneira que foi poucas vezes abordada visando descrever os resultados da análise realizada. Portanto, trata-se de um estudo de caso exploratório e descritivo.

3.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A execução desta pesquisa não precisou de uma procura exaustiva de dados. O fator fundamental foi entrar em contato com o dono de uma empresa de luminárias altamente eficientes que permitisse estudar a fundo um dos seus projetos. Assim que foi estabelecido o contato, foram levantados os dados necessários para levar a cabo a pesquisa, que basicamente consistem nas especificações técnicas dos dispositivos envolvidos no projeto, horas de operação dos mesmos e medições de demanda de potência efetuadas antes e depois da implantação do projeto. O valor da tarifa paga em 2011 pela empresa do setor automotriz também foi fornecido mas, pensando na realização de uma análise de sensibilidade, adicionalmente foram pesquisados no portal eletrônico da Copel (Companhia Paranaense de Energia) dados referentes às alterações tarifárias nos últimos anos. Vale ressaltar que neste tipo de projetos, os dados mais contundentes são as contas da energia elétrica. Porém, o acesso a essa informação não foi autorizado pela empresa do setor automotriz. As dificuldades apresentadas foram, portanto, a falta de dados referentes a contas de energia elétrica. Adicionalmente, somente foram fornecidas medições de demanda de potência efetuadas durante um único dia, quando o ideal é basear a análise em um maior número de medições.

4 EXPLICAÇÃO DETALHADA DO PROJETO

4.1 DESCRIÇÃO GERAL

Em novembro de 2011 foi dado início ao projeto de troca do sistema de iluminação no galpão principal da empresa do setor automotriz, abarcando toda a área produtiva. Em março de 2012, as obras foram concluídas. O motivo principal desta troca foi a necessidade de aumentar os níveis de iluminância que estavam em desacordo com a norma NBR5413, como será visto a seguir.

Antes da execução do projeto foram feitas medições em várias áreas de trabalho. Cada área era iluminada por uma quantidade específica de lâmpadas que eram acesas /apagadas por meio de um painel. No total, foram envolvidos no projeto 11 painéis que controlam a iluminação de 13 áreas citadas na primeira coluna da tabela 2. Vale ressaltar que o painel E7 está ligado às lâmpadas das áreas E7 AF, E7 FERR e E7 CRIB.

Baseado na segunda coluna da tabela 2, aproximadamente 71% dos níveis de iluminância medidos antes da execução do projeto (por algum motivo desconhecido a empresa não fez medições na área ligada ao painel F1) foram inferiores a 500 lux. Levando em consideração os valores recomendados no caso de iluminação geral para área de trabalho apresentados No quadro 1, pode-se afirmar que uma porcentagem significativa das áreas cuja iluminância foi medida estava em desacordo com a norma NBR5413.

As áreas citadas na tabela 2 eram iluminadas por 750 lâmpadas de vapor metálico cujas especificações técnicas são mostradas no quadro 3, baseado nas folhas de dados do produto. Como foi explicado no Referencial Teórico, este tipo de lâmpadas precisa de um reator para seu funcionamento, que neste caso era eletromagnético. A figura 14 corresponde a uma foto do tipo de reator e luminária que estavam instalados junto com as lâmpadas.

Área	MEDIÇÕES DE ILUMINÂNCIA ANTES DO PROJETO		MEDIÇÕES DE ILUMINÂNCIA DEPOIS DO PROJETO	
	Iluminância Média (LUX)	Momento da Medição	Iluminância Média (LUX)	Variação da Iluminância
C1	400	NOITE	800	100,00%
	500	DIA	1000	100,00%
F1	-	NOITE	680	-
	-	DIA	800	-
C5	350	NOITE	590	68,57%
	420	DIA	730	73,81%
C7	280	NOITE	610	117,86%
	530	DIA	770	45,28%
E4	220	NOITE	510	131,82%
	330	DIA	820	148,48%
E7 AF.	400	NOITE	450	12,50%
	430	DIA	570	32,56%
E7 FERR	300	NOITE	480	60,00%
	340	DIA	630	85,29%
E7 CRIB	240	NOITE	240	0,00%
	280	DIA	260	-7,14%
J3	250	NOITE	470	88,00%
	580	DIA	580	0,00%
J6	230	NOITE	440	91,30%
	620	DIA	530	-14,52%
J9	220	NOITE	450	104,55%
	670	DIA	560	-16,42%
F4	230	NOITE	510	121,74%
	900	DIA	720	-20,00%
F7	230	NOITE	470	104,35%
	900	DIA	600	-33,33%

TABELA 2 - NÍVEIS DE ILUMINÂNCIA NAS ÁREAS ONDE FOI EFETUADA A TROCA DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO

Com relação à luz natural, existem janelas e claraboias, mostradas nas figuras 15 e 16 respectivamente, cuja luminosidade não era aproveitada. Com efeito, as lâmpadas de vapor metálico não são dimerizáveis e, portanto, o fluxo luminoso das que ficavam perto destes locais era máximo sem importar se era dia, noite, céu nublado ou não.

Uma característica referente às lâmpadas de vapor metálico que vale a pena mencionar é que as mesmas demoravam 15 minutos em acender, segundo relatado pelos funcionários da empresa. O quadro 3 mostra que o tempo de ignição é de no máximo 30 segundos, mas deve-se levar em consideração também o desempenho do reator, cujas folhas de dados não foi possível encontrar. Esta característica é um motivo pelo qual era comum deixar acesas as lâmpadas mesmo quando não era necessário.

LÂMPADAS DE VAPOR METÁLICO - PHILIPS®	
Quantidade substituída: 750	
Especificações Técnicas por Lâmpada	
Potência Nominal em 25° C	400 W
Tempo de ignição	30 s (max)
Dimerizável	Não
Fluxo luminoso em 25°C	32500 Lm
Eficiência Luminosa em 25°C	82 Lm/W
Vida Média Nominal ¹	20000 h
Vida Útil ¹	8000 h
Conteúdo de Mercúrio	67 mg

¹ Determinada considerando os critérios estabelecidos no Referencial Teórico deste documento



QUADRO 3 - ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DÀS LÂMPADAS INSTALADAS ANTES DO PROJETO
 FONTE: ADAPTADO DE KONINKLIJKE PHILIPS ELECTRONICS N.V (2013)

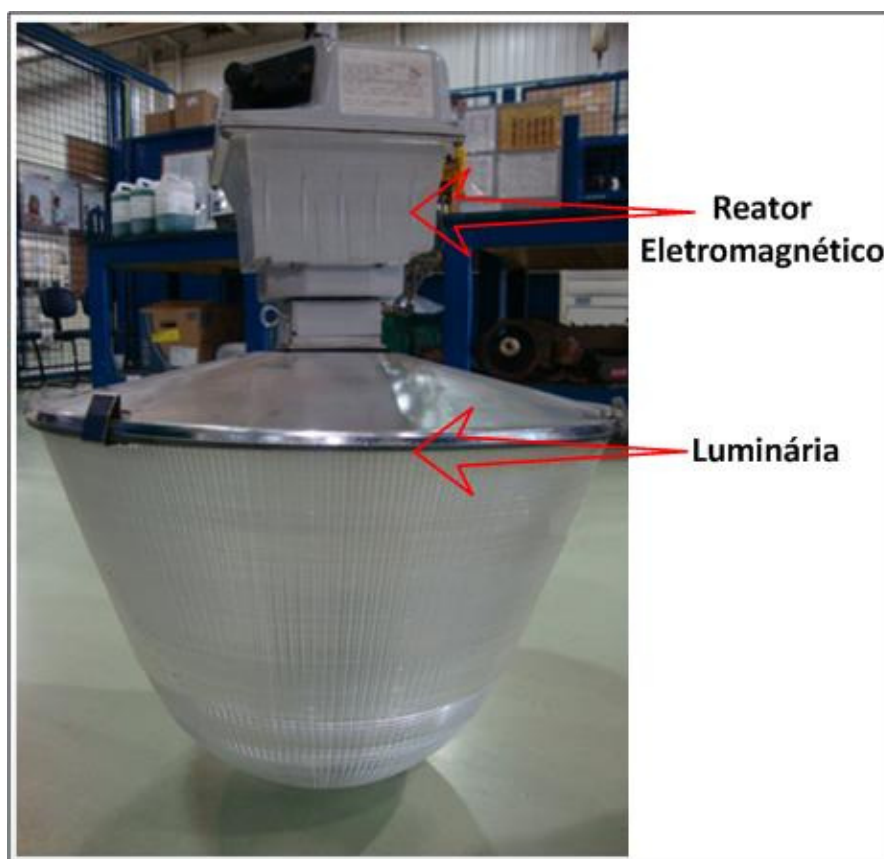


FIGURA 14 - REATOR E LUMINÁRIA EXISTENTES ANTES DA EXECUÇÃO DO PROJETO



FIGURA 15 - LÂMPADAS DE VAPOR METÁLICO PRÓXIMAS ÀS JANELAS




FIGURA 16 - CLARABOIA DO GALPÃO PRINCIPAL DA EMPRESA

Levando em consideração as deficiências no sistema de iluminação em termos de iluminância e eficiência, a empresa resolveu investir em um novo sistema que permitisse aumentar os níveis de iluminância nas áreas de trabalho e que ao mesmo gerasse uma redução dos gastos em energia elétrica. É assim como, por meio de softwares luminotécnicos, assessorias e análises, foi determinado o sistema de iluminação que seria implantado, cuja descrição é detalhada a seguir.

As 750 lâmpadas de vapor metálico foram substituídas por 2200 lâmpadas fluorescentes T5 com especificações técnicas apresentadas no quadro 4.

LÂMPADAS FLUORESCENTES T5 - OSRAM®	
Quantidade instalada: 2200	
Especificações Técnicas por Lâmpada	
Diâmetro	16 mm
Potência Nominal	80 W
Dimerizável	Sim
Fluxo luminoso em 25°C	5700 Lm
Eficiência Luminosa em condições normais	71 Lm/W
Vida Médiana Nominal ¹	24000 h
Vida Útil ²	19000 h
Conteúdo de Mercúrio	1,5 mg



¹ Valor correspondente ao "Lifespan" nas folhas de dados da lâmpada. Nelas não aparecem informações suficientes que permitam determinar a Vida Médiana Nominal baseado nos critérios do Referencial Teórico deste documento.

² Valor correspondente ao "Service Life" nas folhas de dados da lâmpada. Nelas não aparecem informações suficientes que permitam determinar a Vida Médiana Nominal baseado nos critérios do Referencial Teórico deste documento.

QUADRO 4 - ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DAS LÂMPADAS INSTALADAS DURANTE O PROJETO
 FONTE: ADAPTADO DE OSRAM GMBH (2013)

Adicionalmente, os refletores das luminárias instaladas junto com as novas lâmpadas são Cosino 3 (KEC do Brasil Ltda.). A figura 17 mostra a curva de distribuição luminosa que pode ser obtida com este refletor assim como a do Cosino X (KEC do Brasil Ltda.). Percebe-se que no caso do Cosino 3 o feixe de propagação da luz é mais amplo, o que resultou ser mais vantajoso dadas as condições do local. Segundo afirma o funcionário da empresa do setor automotriz encarregado deste projeto, vários testes foram feitos com refletores de outras marcas, mas este apresentou uma eficiência luminosa maior, sendo próxima a 100%.

Os reatores eletromagnéticos foram substituídos por 1100 reatores eletrônicos cujas especificações são apresentadas no quadro 5. A quantidade de reatores corresponde à metade da quantidade de lâmpadas instaladas já que cada reator controla duas lâmpadas. Assim, uma luminária contém dois refletores, duas lâmpadas e é acompanhada de um reator.

Para aproveitar a luz natural, foram instalados sensores fotoelétricos, compatíveis com os reatores e lâmpadas dimerizáveis. Na figura 18, é possível

perceber a luminosidade inferior das lâmpadas fluorescentes instaladas próximas às janelas em comparação com a luminosidade das mais afastadas.

Com relação ao tempo de acendimento das lâmpadas fluorescentes, o mesmo é de menos de 1 segundo, como é mostrado no quadro 5. Esta característica pode influir nos hábitos dos funcionários da empresa, já que têm um motivo a menos para deixar acesas as lâmpadas sem necessidade.

O investimento feito pela empresa foi de R\$ 509.000, sem precisar de financiamentos. Os detalhes dos custos são apresentados na tabela 3.

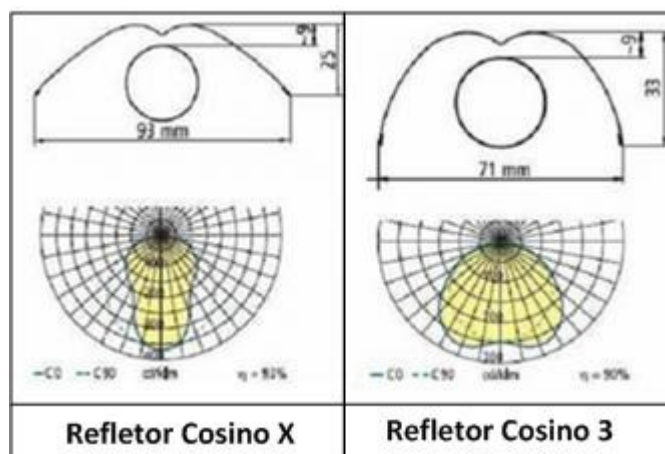


FIGURA 17 - FEIXES DOS REFLETORES COSINO X E COSINO 3
FONTE: KEC DO BRASIL LTDA. (2013)

REATOR ELETRÔNICO DIMERIZÁVEL - OSRAM®	
Quantidade instalada: 1100	
Especificações Técnicas	
Quantidade de tomadas	2
Potência Nominal	160 W
Potência Nominal + Perdas	165.00 W
Dimerizável	Sim
Vida útil	>100000 h
Tempo de partida	0,6 s
Frequência de Operação	44...120 kHz



QUADRO 5 - ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DOS REATORES INSTALADOS DURANTE O PROJETO
FONTE: OSRAM GMBH (2013)



FIGURA 18 - LÂMPADAS FLUORESCENTES PRÓXIMAS AS JANELAS

Descrição	Qtde.	Valor unitário	Total
Luminária dupla linear para T5	1100	R\$ 64,00	R\$ 70.400,00
Refletor cosino 3 marca KEC	2100	R\$ 68,00	R\$ 142.800,00
Reator dimerizável QTI 220-240 VCA DIM Osram	1100	R\$ 130,00	R\$ 143.000,00
Lâmpada fluorescente T5 HO 80W 865 Osram	2200	R\$ 30,00	R\$ 66.000,00
Mini sensor dimerizável DIM MICO Osram	17	R\$ 400,00	R\$ 6.800,00
Total Material			R\$ 429.000,00
Total Mão de Obra			R\$ 80.000,00
TOTAL GERAL			R\$ 509.000,00

TABELA 3 - CUSTOS DE MATERIAIS E MÃO DE OBRA PARA A IMPLANTAÇÃO DO PROJETO

4.2 RESULTADOS TÉCNICOS

A tabela 2 mostra que a grande maioria das medições de iluminância realizadas depois da execução do projeto apresentaram valores muito maiores comparado com os obtidos antes do projeto. Vale ressaltar que as medições nos painéis J3, J6, J9, F4 e F7

foram realizadas durante dias nublados, o que pode explicar os valores de iluminância inferiores com o novo sistema de iluminação. Este fato demonstra a importância de fazer as medições nas mesmas condições ambientais, assim como repetidas vezes, para poder realizar comparações mais corretas.

A tabela 4 apresenta as medições de tensão e corrente feitas por funcionários da empresa do setor automotriz antes e pouco depois da execução do projeto. Baseado nestas medições foi calculada a potência (ver fórmula exposta no Referencial Teórico, para o cálculo de potência em sistemas trifásicos). Percebe-se que com o sistema de iluminação antigo, para cada painel, a potência determinada com medições diurnas é a mesma que a determinada com medições noturnas. Já com o sistema de iluminação novo, na maior parte dos painéis a potência determinada a partir de medições feitas durante o dia é menor do que a determinada com as que foram feitas durante a noite. Estes resultados refletem o aproveitamento de luz natural pelo novo sistema. Adicionalmente, a potência calculada a partir de medições feitas antes do projeto é maior em todos os casos comparado com a potência calculada depois do projeto. Na média, a redução na demanda de potência foi de 45%.

Levando em consideração os resultados em termos de potência e iluminância, pode-se afirmar que o novo sistema de iluminação é mais eficiente do que o antigo sistema. Vale reassaltar que as lâmpadas de vapor metálico são mais eficientes, segundo especificações técnicas, que as fluorescentes. Porém, o antigo conjunto luminária - lâmpada - reator é menos eficiente do que o novo conjunto.

4.3 OBSERVAÇÕES ADICIONAIS

Além da instalação de sensores, troca de lâmpadas, luminárias e reatores, a empresa fez um investimento adicional na troca dos circuitos elétricos ligados às luminárias assim como dos painéis citados na tabela 4. A troca dos circuitos e painéis pode provavelmente gerar também uma redução do consumo em energia elétrica, mas ela é mínima comparada com a redução gerada pela implantação do projeto que

acabou de ser explicado. Por este motivo, o investimento em circuitos e painéis não será considerado no presente documento.

Painel	MEDIÇÕES DO CONSUMO DE ENERGIA ANTES DO PROJETO			Momento da Medição	MEDIÇÕES DO CONSUMO DE ENERGIA DEPOIS DO PROJETO			Economia de Potência
	Tensão Medida (V)	Corrente Medida (A)	Potência calculada (kW)		Tensão Medida (V)	Corrente Medida (A)	Potência calculada (kW)	
C1	218	73	27,53	NOITE	218	47	17,72	35,63%
	218	73	27,53	DIA	218	30	11,31	58,92%
F1	218	75	28,32	NOITE	218	46	17,37	38,67%
	218	75	28,32	DIA	218	34	12,84	54,66%
C5	218	72	27,19	NOITE	218	26,6	10,03	63,11%
	218	72	27,19	DIA	218	23,7	8,95	67,08%
C7	218	71	26,81	NOITE	218	41	15,48	42,26%
	218	71	26,81	DIA	218	41	15,48	42,26%
E4	218	43	16,24	NOITE	218	31	11,69	28,02%
	218	43	16,24	DIA	218	9,9	3,74	76,97%
E7	218	50	18,88	NOITE	218	29	10,94	42,06%
	218	50	18,88	DIA	218	26	9,82	47,99%
J3	218	85	32,09	NOITE	218	52	19,64	38,80%
	218	85	32,09	DIA	218	49	18,5	42,35%
J6	218	107	40,4	NOITE	218	66	24,92	38,32%
	218	107	40,4	DIA	218	63	23,79	41,11%
J9	218	104	39,27	NOITE	218	54	20,39	48,08%
	218	104	39,27	DIA	218	49	18,5	52,89%
F4	218	53	20	NOITE	218	35	13,2	34,00%
	218	53	20	DIA	218	35	13,2	34,00%
F7	218	44,4	16,76	NOITE	218	31	11,69	30,25%
	218	44,4	16,76	DIA	218	31	11,69	30,25%

TABELA 4 - NÍVEIS DE TENSÃO, CORRENTE E POTÊNCIA NAS ÁREAS ONDE FOI EFETUADA A TROCA DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO

5 ANÁLISE DO INVESTIMENTO

O objetivo principal do investimento feito pela empresa era atender uma necessidade técnica, relacionada com o aumento de níveis de iluminância, especialmente na área de produção. Contudo, levando-se em conta que este tipo de projeto também implica uma redução de custos, é interessante analisar o investimento em termos de viabilidade e rentabilidade.

5.1 DETERMINAÇÃO DO FLUXO DE CAIXA

Para gerar o fluxo de caixa a partir do qual será feita a análise do investimento, precisa-se determinar o horizonte do projeto, as entradas e saídas de dinheiro.

5.1.1 Horizonte do projeto

Com relação à determinação do horizonte do projeto, pode-se tomar como referência a vida útil dos dispositivos envolvidos. Por um lado, as lâmpadas têm uma vida útil de aproximadamente 19 mil horas de funcionamento. Por outro lado, os reatores têm uma vida útil superior a 100 mil horas de funcionamento. Levando em consideração estes dados, a vida útil das lâmpadas é mais apropriada para a determinação do horizonte do projeto, já que no final desse período a empresa provavelmente terá que fazer seu primeiro investimento significativo relacionado com a manutenção do sistema de iluminação.

Segundo relatado pelos funcionários da empresa, nos dias úteis, quase todas as lâmpadas ficam acesas na média de 15 horas por dia. Adicionalmente, aproximadamente 4% das lâmpadas ficam acesas 24 horas, nos 7 dias da semana.

Dado que esta porcentagem é muito baixa, o horizonte do projeto pode ser estimado baseado na vida útil, em anos, dos 96% restantes das lâmpadas que operam somente durante dias úteis (consideram-se 22 dias úteis por mês):

$$\text{Horizonte} \approx \frac{\text{Vida útil das lâmpadas (horas)}}{\text{Horas de operação das lâmpadas em 1 ano}} \approx \frac{19\,000}{15 \times 22 \times 12} \approx 5 \text{ anos}$$

5.1.2 Desembolsos de dinheiro

A empresa não precisou de financiamentos. Adicionalmente, o imposto de renda não deve ser considerado no fluxo de caixa deste tipo de projeto de investimento já que as entradas de dinheiro correspondem a uma redução das despesas em energia elétrica. Porém, vale ressaltar que esta redução pode gerar um aumento do lucro bruto nas DRE (Demonstrações do Resultado do Exercício) da empresa, implicando um provável aumento do valor a pagar referente ao imposto de renda.

Portanto, o único desembolso no fluxo de caixa é o inicial de R\$ 509.000, correspondente aos custos de materiais e mão de obra.

5.1.3 Entradas de dinheiro

Segundo foi explicado no referencial teórico, as entradas de dinheiro equivalem à redução das despesas em energia elétrica. Vale esclarecer que não foi comentada pela empresa a possibilidade de venda das lâmpadas e reatores do sistema antigo que ainda estejam em bom estado, motivo pelo qual não será considerada nenhuma entrada de dinheiro adicional correspondente a um possível valor de venda.

Exemplo: Seja n um número natural. Uma empresa investiu em um projeto de eficiência energética cujo horizonte é de n anos. No último ano antes da execução do

projeto, a empresa pagou o valor total (correspondente à soma dos últimos 12 pagamentos mensais) de $Contas_0$ em despesas em energia elétrica. No ano subsequente à execução do projeto, a empresa pagou o valor de $Contas_1$, no segundo ano o valor foi $Contas_2$ e assim por diante. A entrada em dinheiro no primeiro período foi, portanto:

$$Entrada_1 = Contas_0 - Contas_1 \quad (13)$$

Dado que o valor $Contas_0$ corresponde ao valor anual mais recente das despesas em energia elétrica da empresa com o sistema de iluminação antigo, este valor é a referência para determinar as entradas em dinheiro nos períodos seguintes. Generalizando:

$$Entrada_1 = Contas_0 - Contas_n \quad (14)$$

Neste exemplo, o projeto já foi implantado e os valores das despesas em energia elétrica permitem determinar entradas em dinheiro que já aconteceram. Porém, a equação 14 serve como base para determinar valores aproximados de entradas futuras já que mesmo antes da execução do projeto, o valor de $Contas_n$ pode ser estimado. Com efeito, este valor depende da demanda de potência dos dispositivos elétricos que operam na empresa, do seu tempo de funcionamento e da tarifa estabelecida pela concessionária de energia, que neste caso é a Copel. Supondo que a empresa não fará trocas novas ou instalações/desinstalações de outros dispositivos elétricos que aumentem ou diminuam significativamente a demanda de potência de todo o sistema, $Entrada_n$ pode ser estimada levando em consideração somente a diferença do consumo de energia entre o sistema de iluminação antigo e o novo:

$$Entrada_n = (Pot_0 \times TdF_0 \times Tarifa_0) - (Pot_n \times TdF_n \times Tarifa_n) \quad (15)$$

Onde:

- Pot_0 é a potência demandada pelo antigo sistema de iluminação.
- Pot_n é a potência demandada pelo novo sistema de iluminação.

- TdF_0 é o tempo aproximado de funcionamento das lâmpadas no último ano antes da execução do projeto.
- TdF_n é o tempo aproximado de funcionamento das lâmpadas no ano n depois da execução do projeto.
- $Tarifa_0$ é o valor, no ano da execução do projeto, da tarifa da Copel que aplica para esta empresa do setor automotriz localizada no Paraná.
- $Tarifa_n$ é o valor, no ano n , da tarifa da Copel que aplica para esta empresa.

O tempo aproximado de funcionamento das lâmpadas está ligado à jornada de trabalho dos funcionários e suas eventuais horas extras e é provável que não mude significativamente durante o horizonte do projeto ($TdF_0 \approx TdF_n$). Considerando este aspecto, a equação 15 pode ser simplificada:

$$Entrada_n = TdF_n \times \{(Pot_0 \times Tarifa_0) - (Pot_n \times Tarifa_n)\} \quad (16)$$

A equação 16 mostra como o tempo de funcionamento das lâmpadas é diretamente proporcional à $Entrada_n$. Na análise desse tipo de investimentos deve-se, portanto, determinar este tempo com a maior exatidão possível. Escolher um tempo de funcionamento muito maior do que a realidade pode gerar indicadores favoráveis à implantação do projeto quando na verdade ele é inviável ou vice-versa.

Referente à potência demandada, a mesma pode ser estimada ou medida. No caso do sistema de iluminação antigo, é recomendável que seja medida para uma maior exatidão. Como foi explicado na seção anterior, a empresa fez medições de tensão e corrente que permitiram determinar a demanda de potência do sistema de iluminação antigo que seria envolvido no projeto. Baseado nos resultados mostrados na tabela 4, foram obtidos os resultados das tabelas 5 e 6, onde é discriminada a demanda de potência por horário e dia útil/final de semana. No caso dos dias úteis, a demanda de potência pelo sistema de iluminação não é constante durante o dia inteiro. Ela é máxima e aproximadamente igual a 293,49 kW durante aproximadamente 15 horas. Durante as 9 horas restantes, normalmente ficam acesas somente as lâmpadas que operam no final de semana. É importante esclarecer que o valor de 17,6 kW de

demanda dessas lâmpadas não aparece na tabela 4. O mesmo foi fornecido separadamente pelos funcionários da empresa.

CONSUMO MEDIDO DE ENERGIA NOS DIAS ÚTEIS ANTES DO PROJETO			
Horário	Potência Medida (kW)	Tempo Aprox. de Funcionamento (h)	Consumo de Energia (kWh)
Diurno	293,49	15	4402,35
Noturno	17,6	9	158,4
ENERGIA TOTAL CONSUMIDA / DIA ÚTIL			4560,75
CONSUMO MEDIDO DE ENERGIA NO FINAL DE SEMANA (FDS) ANTES DO PROJETO			
Horário	Potência Medida (kW)	Tempo Aprox. de Funcionamento (h)	Consumo de Energia/FDS (kWh)
Diurno/Noturno	17,6	24	422,4

TABELA 5 - CONSUMO POR DIA MEDIDO NOS PAINÉIS ANTES DO PROJETO

	Fórmula	Valor (kWh)
Em iluminação no dias úteis	<i>Consumo de Energia em 1 Dia Útil x 22 x 12</i>	1.204.038,00
Em iluminação no FDS	<i>Consumo de Energia em 1 Dia de FDS x 8 x 12</i>	40.550,40
Consumo aproximado anual de energia antes do projeto		1.244.588,40

TABELA 6 - CONSUMO MEDIDO ANUAL NOS PAINÉIS ANTES DO PROJETO

No caso do sistema novo, a demanda de potência é estimada por meio das especificações técnicas dos dispositivos que o compõem (ver tabela 7).

DEMANDA DE POTÊNCIA DO NOVO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO		
	DU ¹	FDS ²
Qtde. de Conjuntos 2 Lâmpadas + Reator ³	1100	41
(Potência Nominal + Perdas) / conjunto (W)	165	165
Potência Total (kW)	181,5	6,765

¹Dia Útil

²Dia de Final de Semana

³O dado relacionado com a quantidade de lâmpadas funcionando no FDS foi especificado pelos funcionários da empresa do setor automotriz.

TABELA 7 - ESTIMATIVA DA POTÊNCIA MÁXIMA DEMANDADA PELO NOVO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO SEGUNDO O DIA.

Nesse caso, a Potência Total em kW foi calculada aplicando a fórmula a seguir:

$$Potência\ Total_n = \frac{[Qtde.\ de\ cjtos. \times Pot.\ Nominal\ com\ perdas\]}{1000} \quad (17)$$

Vale esclarecer que a equação 17 não está considerando os efeitos dos sensores fotoelétricos na demanda de potência. Lembrando que o propósito da instalação dos mesmos é a redução da potência demandada por algumas lâmpadas em horário diurno, é provável que o novo sistema de iluminação apresente uma demanda de potência menor que a calculada por meio da equação 17. Porém, existem vários fatores que influenciam a estimativa dessa diminuição da demanda tornando-a complexa, tais como o clima (dia nublado ou com sol, por exemplo) ou número de lâmpadas próximas às claraboias e janelas. Para simplificar, estimou-se uma redução adicional de 10% no consumo de energia elétrica. Levando estes critérios em consideração, pode ser estimado o consumo de energia elétrica anual pelo novo sistema de iluminação, segundo mostra a tabela 9.

CONSUMO ESTIMADO DE ENERGIA NOS DIAS ÚTEIS DEPOIS DO PROJETO			
Horário	Potência Estimada (kW)	Tempo de Funcionamento (h)	Consumo de Energia (kWh)
Diurno/ Noturno	181,5	15	2722,5
Noturno	6,765	9	60,885
ENERGIA TOTAL CONSUMIDA / DIA ÚTIL			2783,385
CONSUMO ESTIMADO DE ENERGIA NO FINAL DE SEMANA (FDS) DEPOIS DO PROJETO			
Horário	Potência Estimada (kW)	Tempo de Funcionamento (h)	Consumo de Energia/FDS (kWh)
Diurno/ Noturno	6,765	24	162,36

TABELA 8 - CONSUMO POR DIA ESTIMADO NOS PAINÉIS DEPOIS DO PROJETO

	Fórmula	Valor (kWh)
Em iluminação no dias úteis	<i>Consumo de Energia em 1 Dia Útil x 22 x 12</i>	734.813,64
Em iluminação no FDS	<i>Consumo de Energia em 1 Dia de FDS x 8 x 12</i>	15.586,56
Consumo aproximado anual de energia depois do projeto (sem considerar o efeito dos sensores)		750.400,20
Consumo aproximado anual de energia depois do projeto (estimando um 10% de redução devido aos sensores)		675.360,18

TABELA 9 - CONSUMO ESTIMADO ANUAL NOS PAINEIS DEPOIS DO PROJETO

Estima-se adicionalmente que a demanda de potência do novo sistema de iluminação seja aproximadamente a mesma durante toda a vida útil das lâmpadas, ou seja, durante o horizonte do projeto.

Com relação à tarifa, analisando o gráfico 1 exposto no referencial teórico, o valor médio das tarifas da Copel pode variar significativamente de um ano para o outro. Nos cinco anos anteriores a 2011, data do projeto, teve um caso de aumento máximo de 11,42% (de 2008 a 2009) e dois casos de diminuição onde o mais representativo foi de 3,35% (de 2007 a 2008). Na média, entre 2007 e 2011, a variação do valor médio das tarifas da Copel corresponde a um aumento anual de aproximadamente 4,43%. Vale lembrar que as alterações tarifárias não acompanham os reajustes do salário mínimo ou a inflação e, portanto, essa porcentagem não está relacionada com esses fatores.

Retomando a equação 16, observa-se que um alto valor na Tarifa_n não é favorável ao valor da Entrada_n, demonstrando assim que a tarifa da energia elétrica representa um parâmetro a levar em consideração em uma análise de sensibilidade. Com base no comportamento da tarifa da Copel entre 2007 e 2011, foram gerados os valores das tarifas apresentadas na tabela 10 para a determinação de vários fluxos de caixa que representam possíveis cenários.

O valor de R\$ 0,35 por kWh para a Tarifa₀ corresponde, segundo os funcionários da empresa do setor automotriz encarregados do projeto, à tarifa paga pela empresa no ano de 2011, incluindo impostos.

	R\$/kWh
Tarifa₀	0,3500
Tarifa_A = Tarifa₀ x (1-5%)	0,3325
Tarifa_B = Tarifa₀ x (1+5%)	0,3675
Tarifa_C = Tarifa₀ x (1+10%)	0,3850
Tarifa_D = Tarifa₀ x (1+15%)	0,4025

TABELA 10 - TARIFAS USADAS NA ANÁLISE DE SENSIBILIDADE

A partir dos valores do consumo e das tarifas podem ser calculadas as entradas dos fluxos de caixa que permitem fazer uma análise de sensibilidade. A tabela 11 mostra as fórmulas para o cálculo das entradas de dois grupos de fluxos de caixa. O primeiro (Fluxo₁ a Fluxo₅) simula cenários onde a tarifa é reajustada anualmente em 5%, baseado na média determinada a partir do gráfico 1. Levando em consideração esses critérios, pode-se afirmar que a tendência desses fluxos é pessimista. Por esse motivo, vale a pena gerar mais um grupo de fluxos que permita a simulação da compensação entre os aumentos e diminuições que também podem acontecer como foi visto no gráfico 1. É assim como no segundo grupo (Fluxo₆ a Fluxo₁₀) são aplicadas as tarifas da tabela 10 no primeiro período, mas mantidas constantes durante o restante do horizonte.

	Fórmula
Fluxo₁	$\text{Entrada}_n = \text{Consumo Antes} \times \text{Tarifa}_0 - \text{Consumo Depois} \times \text{Tarifa}_A \times (1+0,05)^{(n-1)}$
Fluxo₂	$\text{Entrada}_n = \text{Consumo Antes} \times \text{Tarifa}_0 - \text{Consumo Depois} \times \text{Tarifa}_0 \times (1+0,05)^{(n-1)}$
Fluxo₃	$\text{Entrada}_n = \text{Consumo Antes} \times \text{Tarifa}_0 - \text{Consumo Depois} \times \text{Tarifa}_B \times (1+0,05)^{(n-1)}$
Fluxo₄	$\text{Entrada}_n = \text{Consumo Antes} \times \text{Tarifa}_0 - \text{Consumo Depois} \times \text{Tarifa}_C \times (1+0,05)^{(n-1)}$
Fluxo₅	$\text{Entrada}_n = \text{Consumo Antes} \times \text{Tarifa}_0 - \text{Consumo Depois} \times \text{Tarifa}_D \times (1+0,05)^{(n-1)}$
Fluxo₆	$\text{Entrada}_n = \text{Consumo Antes} \times \text{Tarifa}_0 - \text{Consumo Depois} \times \text{Tarifa}_A$
Fluxo₇	$\text{Entrada}_n = \text{Consumo Antes} \times \text{Tarifa}_0 - \text{Consumo Depois} \times \text{Tarifa}_0$
Fluxo₈	$\text{Entrada}_n = \text{Consumo Antes} \times \text{Tarifa}_0 - \text{Consumo Depois} \times \text{Tarifa}_B$
Fluxo₉	$\text{Entrada}_n = \text{Consumo Antes} \times \text{Tarifa}_0 - \text{Consumo Depois} \times \text{Tarifa}_C$
Fluxo₁₀	$\text{Entrada}_n = \text{Consumo Antes} \times \text{Tarifa}_0 - \text{Consumo Depois} \times \text{Tarifa}_D$

TABELA 11 - CÁLCULO DE ENTRADAS ANUAIS DE DINHEIRO NO FLUXO DE CAIXA

As tabelas 12 e 13 contêm os dez fluxos de caixa gerados que servirão como base para a análise de sensibilidade. A seguir, apresentam-se, como exemplo, os cálculos detalhados da entrada no primeiro período do Fluxo₁:

- *Consumo Antes* = 1.244.588,40 kWh.
- *Consumo Depois* = 675.360,18
- *Tarifa₀* = R\$ 0,3500
- *Tarifa_A* = R\$ 0,3325

$$Entrada_1 = 1.244.588,40 \times 0,35 - 675.360,18 \times 0,3325 \times (1+0,05)^{(1-1)} = \text{R\$ } 211.048,68$$

Período	Fluxo ₁ (Tarifa _A)	Fluxo ₂ (Tarifa ₀)	Fluxo ₃ (Tarifa _B)	Fluxo ₄ (Tarifa _C)	Fluxo ₅ (Tarifa _D)
0	-R\$ 509.000,00	-R\$ 509.000,00	-R\$ 509.000,00	-R\$ 509.000,00	-R\$ 509.000,00
1	R\$ 211.048,68	R\$ 199.229,88	R\$ 187.411,07	R\$ 175.592,27	R\$ 163.773,47
2	R\$ 199.820,82	R\$ 187.411,07	R\$ 175.001,33	R\$ 162.591,59	R\$ 150.181,84
3	R\$ 188.031,56	R\$ 175.001,33	R\$ 161.971,10	R\$ 148.940,87	R\$ 135.910,64
4	R\$ 175.652,84	R\$ 161.971,10	R\$ 148.289,36	R\$ 134.607,62	R\$ 120.925,87
5	R\$ 162.655,19	R\$ 162.655,19	R\$ 133.923,53	R\$ 119.557,70	R\$ 105.191,87

TABELA 12 - FLUXOS DE CAIXA COM REAJUSTE ANUAL DE 5%

Período	Fluxo ₆ (Tarifa _A)	Fluxo ₇ (Tarifa ₀)	Fluxo ₈ (Tarifa _B)	Fluxo ₉ (Tarifa _C)	Fluxo ₁₀ (Tarifa _D)
0	-R\$ 509.000,00	-R\$ 509.000,00	-R\$ 509.000,00	-R\$ 509.000,00	-R\$ 509.000,00
1	R\$ 211.048,68	R\$ 199.229,88	R\$ 187.411,07	R\$ 175.592,27	R\$ 163.773,47
2	R\$ 211.048,68	R\$ 199.229,88	R\$ 187.411,07	R\$ 175.592,27	R\$ 163.773,47
3	R\$ 211.048,68	R\$ 199.229,88	R\$ 187.411,07	R\$ 175.592,27	R\$ 163.773,47
4	R\$ 211.048,68	R\$ 199.229,88	R\$ 187.411,07	R\$ 175.592,27	R\$ 163.773,47
5	R\$ 211.048,68	R\$ 199.229,88	R\$ 187.411,07	R\$ 175.592,27	R\$ 163.773,47

TABELA 13 - FLUXOS DE CAIXA DESCONSIDERANDO REAJUSTE

Após a geração de fluxos de caixa, procede-se à seguinte etapa do projeto de investimento que corresponde à geração de indicadores.

5.2 CÁLCULO E ANÁLISE DE INDICADORES

Segundo foi explicado no referencial teórico, a TMA representa um parâmetro crítico na geração de indicadores para análise de viabilidade. Neste estudo será tomada como referência a taxa anual de juros Selic (Sistema Especial de Liquidação e de Custódia) que, de acordo com os dados apresentados no sistema online da Receita Federal, foi de 11% no ano de 2011. É assim como, para fins de análise, a variação deste parâmetro será entre 9% e 13%.

A tabela 14 mostra o comportamento do VPL para cada um dos dez fluxos de caixa em função da TMA. Este indicador foi calculado por meio da função de Excel detalhada na equação 5. Por exemplo:

$$\text{VPL} (\text{Fluxo}_1, \text{TMA} = 9\%) = -509.000 + \text{VPL} (9\%; \text{Entradas do } \text{Fluxo}_1) = \text{R\$ } 228.154,30$$

Analisando a tabela 14, percebe-se que o VPL dos fluxos de caixa cujas entradas foram calculadas com base em tarifas que sofreram um aumento significativo (Fluxo_4 e Fluxo_5 , por exemplo) é consideravelmente menos favorável que o VPL de fluxos gerados a partir de tarifas que sofreram menos aumentos. Constata-se, portanto, uma forte influência da variação das tarifas sobre a viabilidade do projeto, tendendo a ser maior que a influência da TMA. Porém, apesar dessa forte influência, pode-se afirmar que o projeto apresenta um baixo risco já que, mesmo com uma variação considerável dos parâmetros, somente em dois casos resultou ser inviável.

Além do VPL, vários valores de TIR e TIR modificada foram calculados, segundo mostra a tabela 15. Lembrando que o investimento não precisou de financiamento, foi considerada, no caso da TIR modificada, somente uma taxa de reinvestimento igual à TMA. Estes indicadores permitem identificar mais casos de inviabilidade, especialmente nos cenários do Fluxo_4 e Fluxo_5 como é mostrado pelos valores marcados em vermelho, que correspondem às porcentagens inferiores à TMA pessimista de 13%. Mesmo que alguns desses valores sejam superiores à TMA realista de 11%, o fato de estarem muito próximos a esse valor indica um maior risco nesses

cenários. No geral pode-se afirmar que, por um lado, a maior parte das TIR calculadas apresenta valores bastante satisfatórios e, por outro lado, ainda são poucos os cenários que apresentam inviabilidade, evidenciando mais uma vez o baixo risco do projeto.

Outro indicador bastante importante na análise de viabilidade é o “Pay-Back Time”. A tabela 16 mostra os resultados dos cálculos deste indicador sem considerar o valor do dinheiro no tempo. Segundo explicações dos funcionários da empresa do setor automotriz, a mesma espera um “Pay-Back Time” de 2 anos. Percebe-se que em nenhum dos cenários o “Pay-Back Time” é inferior a esse período de tempo, indicando resultados desfavoráveis. Contudo, vários fatores devem ser avaliados antes de se fazer uma afirmação precipitada. Por exemplo, na maior parte dos casos este indicador não passa de três anos. Adicionalmente, os valores de outros indicadores críticos foram bastante satisfatórios e demonstraram um baixo risco. Por estes motivos, mesmo que o “Pay-Back Time” não cumpra plenamente com as expectativas da empresa, vale a pena estabelecer uma maior tolerância com relação a este indicador e considerar o projeto viável.

TMA	VPL (Fluxo ₁)	VPL (Fluxo ₂)	VPL (Fluxo ₃)	VPL (Fluxo ₄)	VPL (Fluxo ₅)
9%	R\$ 228.154,30	R\$ 187.112,11	R\$ 127.396,32	R\$ 77.017,32	R\$ 26.638,33
10%	R\$ 210.243,83	R\$ 170.108,86	R\$ 112.133,79	R\$ 63.078,77	R\$ 14.023,75
11%	R\$ 193.035,97	R\$ 153.776,19	R\$ 97.465,57	R\$ 49.680,38	R\$ 1.895,18
12%	R\$ 176.494,88	R\$ 138.079,75	R\$ 83.361,51	R\$ 36.794,82	-R\$ 9.771,86
13%	R\$ 160.586,95	R\$ 122.987,32	R\$ 69.793,28	R\$ 24.396,45	-R\$ 21.000,39
TMA	VPL (Fluxo ₆)	VPL (Fluxo ₇)	VPL (Fluxo ₈)	VPL (Fluxo ₉)	VPL (Fluxo ₁₀)
9%	R\$ 311.905,77	R\$ 265.934,74	R\$ 219.963,72	R\$ 173.992,70	R\$ 128.021,67
10%	R\$ 291.040,54	R\$ 246.237,98	R\$ 201.435,42	R\$ 156.632,86	R\$ 111.830,29
11%	R\$ 271.014,19	R\$ 227.333,11	R\$ 183.652,03	R\$ 139.970,95	R\$ 96.289,87
12%	R\$ 251.783,26	R\$ 209.179,12	R\$ 166.574,98	R\$ 123.970,84	R\$ 81.366,70
13%	R\$ 233.307,02	R\$ 191.737,55	R\$ 150.168,09	R\$ 108.598,62	R\$ 67.029,16

TABELA 14 - VALORES DO VPL EM FUNÇÃO DAS TARIFAS E TMA

TIR					
	TIR (Fluxo ₁)	TIR (Fluxo ₂)	TIR (Fluxo ₃)	TIR (Fluxo ₄)	TIR (Fluxo ₅)
	25,93%	22,94%	18,84%	15,09%	11,16%
TIRM					
TMA	TIRM (Fluxo ₁)	TIRM (Fluxo ₂)	TIRM (Fluxo ₃)	TIRM (Fluxo ₄)	TIRM (Fluxo ₅)
9%	17,38%	16,04%	13,98%	12,12%	10,12%
10%	17,88%	16,53%	14,47%	12,60%	10,60%
11%	18,37%	17,02%	14,96%	13,09%	11,08%
12%	18,87%	17,51%	15,45%	13,57%	11,57%
13%	19,37%	18,00%	15,94%	14,06%	12,05%
TIR					
	TIR (Fluxo ₆)	TIR (Fluxo ₇)	TIR (Fluxo ₈)	TIR (Fluxo ₉)	TIR (Fluxo ₁₀)
	30,51%	27,55%	24,52%	21,43%	18,27%
TIRM					
TMA	TIRM (Fluxo ₆)	TIRM (Fluxo ₇)	TIRM (Fluxo ₈)	TIRM (Fluxo ₉)	TIRM (Fluxo ₁₀)
9%	19,93%	18,56%	17,12%	15,60%	14,00%
10%	20,41%	19,03%	17,59%	16,06%	14,46%
11%	20,89%	19,51%	18,05%	16,53%	14,91%
12%	21,37%	19,98%	18,52%	16,99%	15,37%
13%	21,86%	20,46%	19,00%	17,46%	15,83%

TABELA 15 - VALORES DA TIR E TIRM EM FUNÇÃO DAS TARIFAS E A TMA

PAY-BACK				
PB (Fluxo ₁)	PB (Fluxo ₂)	PB (Fluxo ₃)	PB (Fluxo ₄)	PB (Fluxo ₅)
2 anos e 7 meses	2 anos e 9 meses	2 anos e 11 meses	3 anos e 2 meses	3 anos e 6 meses
PB (Fluxo ₆)	PB (Fluxo ₇)	PB (Fluxo ₈)	PB (Fluxo ₉)	PB (Fluxo ₁₀)
2 anos e 5 meses	2 anos e 7 meses	2 anos e 9 meses	2 anos e 11 meses	3 anos e 2 meses

TABELA 16 - VALORES DO "PAY-BACK" EM FUNÇÃO DAS TARIFAS

A análise do VPL, TIR e "Pay-Back" pode ser complementada com o cálculo de outros indicadores. Considerando que já foi efetuada uma análise de sensibilidade do VPL detalhada, é interessante calcular os próximos indicadores em cenários pessimista, realista e otimista específicos. Estes três cenários podem ser estabelecidos a partir dos dez fluxos gerados no começo desta análise. Com efeito, o Fluxo₃, pode ser considerado como o mais realista já que é baseado em um aumento constante da tarifa, mas em baixas proporções. O Fluxo₅ pode ser considerado como o mais pessimista

porque foi gerado a partir de um aumento significativo da tarifa no primeiro período e aumentos constantes da mesma no restante do horizonte. O Fluxo₆ pode ser considerado como o mais otimista já que foi o único em levar em consideração uma possível diminuição da tarifa sem reajuste anual da mesma. É assim como a tabela 17 mostra os resultados dos indicadores calculados para o Fluxo₆ (otimista), Fluxo₃ (realista) e Fluxo₅ (pessimista). Utilizou-se em todos os cenários a TMA realista de 11% como taxa de desconto, para facilitar a análise.

Detalhes do cálculo em Excel dos indicadores do cenário Otimista:

$$VAUE_{\text{Otimista}} (\text{Fluxo}_6, \text{TMA} = 11\%) = \text{PGTO}(11\%; 5; -\text{VPL}(\text{Fluxo}_6, \text{TMA} = 11\%))$$

$$VAUE_{\text{Otimista}} (\text{Fluxo}_6, \text{TMA} = 11\%) = \text{PGTO}(11\%; 5; -271.014,19) = \text{R\$ } 73.328,39$$

$$\text{IBC}_{\text{Otimista}} (\text{Fluxo}_6, \text{TMA} = 11\%) = \text{VPL}(11\%; \text{Fluxo}_6) / 509000 = \text{R\$ } 1,53$$

$$\text{ROIA}_{\text{Otimista}} (\text{Fluxo}_6) = \text{TAXA}(5;; -1; \text{IBC}_{\text{Otimista}}) = \text{TAXA}(5;; -1; 1,53) = 8,91\%.$$

VAUE_{Otimista}	R\$ 73.328,39
VAUE_{Realista}	R\$ 26.371,29
VAUE_{Pessimista}	R\$ 512,78
IBC_{Otimista}	R\$ 1,53
IBC_{Realista}	R\$ 1,19
IBC_{Pessimista}	R\$ 1,00
ROIA_{Otimista}	8,91%
ROIA_{Realista}	3,57%
ROIA_{Pessimista}	0,07%
Pay-Back Descontado_{Otimista}	3 anos
Pay-Back Descontado_{Realista}	3 anos e 10 meses
Pay-Back Descontado_{Pessimista}	5 anos

TABELA 17 - OUTROS INDICADORES CALCULADOS COM UMA TMA DE 11%

Para determinar o Pay-Back_{Otimista}, calculou-se primeiramente o valor presente das entradas do Fluxo₆ como mostra a tabela 18.

Período	Valor Presente (VP)	VP Acumulado
1	\$190.133,95	\$190.133,95
2	\$171.291,84	\$361.425,79
3	\$154.316,98	\$515.742,77
4	\$139.024,30	\$654.767,07
5	\$125.247,12	\$780.014,19

TABELA 18 - VALOR PRESENTE DAS ENTRADAS DO FLUXO₆

Percebe-se, na coluna “VP Acumulado”, que o “Pay-Back Time” acontece entre o período 2 e o 3. Seja x o momento exato entre o ano 2 e 3 em que acontece a recuperação do capital investido de R\$ 509.000:

$$x = \frac{509.000 - VP_2}{VP_3 - VP_2} = \frac{509.000 - 361.425,79}{515.742,77 - 361.425,79} = 0,9563 \text{ anos}$$

$$x = \frac{0,9563 \times 360}{30} = 11,48 \text{ meses}$$

O valor de x aproxima-se a um ano. Portanto, o Pay-Back_{Otimista} obtido pelo método descontado é de aproximadamente 3 anos.

Com exceção dos valores do “Pay-Back”, os resultados apresentados na tabela 17 demonstram a viabilidade do projeto em todos os cenários, reforçando a apreciação de baixo risco. Com efeito, os valores do VAUE são superiores a 0, os do IBC superiores ou iguais a 1 e os do ROIA superiores a 0%. Vale ressaltar que os valores do cenário pessimista indicam viabilidade, mas não atratividade, como evidencia principalmente o valor do ROIA, onde não se obtém praticamente ganho nenhum além da TMA. Contudo, como foi explicado, este cenário é extremamente pessimista. Com relação ao VAUE, o valor realista pode ser estimado como pouco atrativo pela empresa, especialmente pelo fato da mesma ser de grande porte, mas valores tais como o IBC e o ROIA refletem uma geração de riqueza significativa e suportada pelo baixo risco do projeto.

No caso do “Pay-Back” estabelecido pelo método descontado, os resultados são bastante desfavoráveis, dificultando a tomada de decisão. Vale ressaltar que, se

não for considerada a expectativa da empresa, o projeto seria viável nos três cenários com um alto risco no cenário extremamente pessimista.

Mesmo com indicadores de “Pay-Back Time” desfavoráveis, a empresa resolveu investir no projeto. Isto indica que no processo de tomada de decisão, foram levados em consideração outros fatores de extrema relevância, tais como a necessidade de resolver o problema de iluminação insuficiente assim como a viabilidade e baixo risco demonstrada nos resultados da análise de sensibilidade. Aproveitando essas circunstâncias, é interessante analisar as medições realizadas pela empresa após a implantação do projeto para tirar novas conclusões referentes às estimativas realizadas.

5.3 CONFERÊNCIA DA VIABILIDADE

No caso dos projetos de eficiência energética relacionados com eletricidade, devem ser feitos acompanhamentos constantes por meio de medições e análise das contas de energia elétrica para conferir se as empresas realmente estão economizando um valor aproximado às entradas estimadas no fluxo de caixa. Assim, a empresa do setor automotriz começou a fazer estes acompanhamentos realizando medições de iluminação, tensão e corrente. No âmbito deste estudo, essas medições são de muita utilidade para determinar se a metodologia adotada para realizar algumas estimativas foi a apropriada.

5.3.1 Análise do projeto de investimento baseado em medições de potência

Como foi visto na seção onde é detalhado o projeto, pouco depois da conclusão do mesmo foram feitas medições de tensão e corrente que permitiram determinar a demanda de potência para cada painel envolvido. Durante uma jornada (estimada de

15 horas), foram feitas duas medições: uma durante o dia e outra durante a noite. A tabela 4 mostra como a demanda de potência é quase sempre menor durante o dia que durante a noite, devido ao aproveitamento da luz natural. Mais uma vez, é importante esclarecer que nessa tabela não aparecem as medições de potência das lâmpadas que ficam acesas depois da jornada de trabalho e no final de semana. Esse dado foi fornecido separadamente pelos funcionários da empresa.

Adotando o mesmo procedimento das seções anteriores, pode ser determinado um novo consumo de energia que permitirá gerar 10 novos fluxos de caixa baseados exclusivamente em medições. Para começar, estima-se um tempo de aproximadamente 11 horas de luz natural para calcular os consumos diário e anual expostos nas tabelas 19 e 20 respectivamente.

CONSUMO MEDIDO DE ENERGIA NOS DIAS ÚTEIS DEPOIS DO PROJETO			
Horário	Potência Medida (kW)	Tempo de Funcionamento (h)	Consumo de Energia (kWh)
Diurno	147,82	11	1626,02
Noturno	173,07	4	692,28
Noturno	6,6	9	59,4
ENERGIA TOTAL CONSUMIDA / DIA ÚTIL			2377,7
CONSUMO MEDIDO DE ENERGIA NO FINAL DE SEMANA (FDS) DEPOIS DO PROJETO			
Horário	Potência Estimada (kW)	Tempo de Funcionamento (h)	Consumo de Energia/FDS (kWh)
Diurno/ Noturno	6,6	24	158,4

TABELA 19 - CONSUMO POR DIA MEDIDO NOS PAINÉIS DEPOIS DO PROJETO

	Fórmula	Valor (kWh)
Em iluminação no dias úteis	<i>Consumo de Energia em 1 Dia Útil x 22 x 12</i>	627.712,80
Em iluminação no FDS	<i>Consumo de Energia em 1 Dia de FDS x 8 x 12</i>	15.206,40
Consumo aproximado anual de energia depois do projeto		642.919,20

TABELA 20 - CONSUMO ANUAL NOS PAINEIS DEPOIS DO PROJETO BASEADO EM MEDIÇÕES

O passo seguinte é retomar o valor do consumo de energia do sistema de iluminação antigo calculado na seção 5.1.3. Mantendo as mesmas variações dos

parâmetros de tarifa e TMA, geram-se os fluxos e indicadores apresentados nas tabelas a seguir.

Período	Fluxo ₁ (Tarifa _A)	Fluxo ₂ (Tarifa _B)	Fluxo ₃ (Tarifa _C)	Fluxo ₄ (Tarifa _D)	Fluxo ₅ (Tarifa _E)
0	-R\$ 509.000,00	-R\$ 509.000,00	-R\$ 509.000,00	-R\$ 509.000,00	-R\$ 509.000,00
1	R\$ 221.835,31	R\$ 210.584,22	R\$ 199.333,13	R\$ 188.082,05	R\$ 176.830,96
2	R\$ 211.146,77	R\$ 199.333,13	R\$ 187.519,49	R\$ 175.705,85	R\$ 163.892,21
3	R\$ 199.923,82	R\$ 187.519,49	R\$ 175.115,17	R\$ 162.710,85	R\$ 150.306,53
4	R\$ 188.139,71	R\$ 175.115,17	R\$ 162.090,63	R\$ 149.066,09	R\$ 136.041,56
5	R\$ 175.766,40	R\$ 175.766,40	R\$ 148.414,87	R\$ 134.739,10	R\$ 121.063,34
Período	Fluxo ₆ (Tarifa _A)	Fluxo ₇ (Tarifa _B)	Fluxo ₈ (Tarifa _C)	Fluxo ₉ (Tarifa _D)	Fluxo ₁₀ (Tarifa _E)
0	-R\$ 509.000,00	-R\$ 509.000,00	-R\$ 509.000,00	-R\$ 509.000,00	-R\$ 509.000,00
1	R\$ 221.835,31	R\$ 210.584,22	R\$ 199.333,13	R\$ 188.082,05	R\$ 176.830,96
2	R\$ 221.835,31	R\$ 210.584,22	R\$ 199.333,13	R\$ 188.082,05	R\$ 176.830,96
3	R\$ 221.835,31	R\$ 210.584,22	R\$ 199.333,13	R\$ 188.082,05	R\$ 176.830,96
4	R\$ 221.835,31	R\$ 210.584,22	R\$ 199.333,13	R\$ 188.082,05	R\$ 176.830,96
5	R\$ 221.835,31	R\$ 210.584,22	R\$ 199.333,13	R\$ 188.082,05	R\$ 176.830,96

TABELA 21 - NOVOS FLUXOS BASEADOS UNICAMENTE EM MEDIÇÕES

TMA	VPL (Fluxo ₁)	VPL (Fluxo ₂)	VPL (Fluxo ₃)	VPL (Fluxo ₄)	VPL (Fluxo ₅)
9%	R\$ 274.133,53	R\$ 235.062,80	R\$ 178.215,46	R\$ 130.256,42	R\$ 82.297,38
10%	R\$ 255.014,71	R\$ 216.807,62	R\$ 161.617,39	R\$ 114.918,73	R\$ 68.220,07
11%	R\$ 236.647,91	R\$ 199.273,98	R\$ 145.668,25	R\$ 100.178,42	R\$ 54.688,59
12%	R\$ 218.994,74	R\$ 182.424,88	R\$ 130.335,03	R\$ 86.005,18	R\$ 41.675,33
13%	R\$ 202.019,13	R\$ 166.225,59	R\$ 115.586,74	R\$ 72.370,54	R\$ 29.154,35
TMA	VPL (Fluxo ₆)	VPL (Fluxo ₇)	VPL (Fluxo ₈)	VPL (Fluxo ₉)	VPL (Fluxo ₁₀)
9%	R\$ 353.861,98	R\$ 310.099,18	R\$ 266.336,38	R\$ 222.573,58	R\$ 178.810,77
10%	R\$ 331.930,34	R\$ 289.279,88	R\$ 246.629,41	R\$ 203.978,94	R\$ 161.328,47
11%	R\$ 310.880,45	R\$ 269.297,59	R\$ 227.714,74	R\$ 186.131,88	R\$ 144.549,03
12%	R\$ 290.666,63	R\$ 250.108,98	R\$ 209.551,34	R\$ 168.993,69	R\$ 128.436,04
13%	R\$ 271.246,07	R\$ 231.673,40	R\$ 192.100,73	R\$ 152.528,06	R\$ 112.955,39

TABELA 22 - NOVOS VALORES DE VPL BASEADOS UNICAMENTE EM MEDIÇÕES

TIR					
	TIR (Fluxo ₁)	TIR (Fluxo ₂)	TIR (Fluxo ₃)	TIR (Fluxo ₄)	TIR (Fluxo ₅)
	29,01%	26,23%	22,47%	19,04%	15,49%
TIRM					
TIRM	TIRM (Fluxo ₁)	TIRM (Fluxo ₂)	TIRM (Fluxo ₃)	TIRM (Fluxo ₄)	TIRM (Fluxo ₅)
9%	18,81%	17,60%	15,74%	14,08%	12,32%
10%	19,31%	18,09%	16,24%	14,57%	12,80%
11%	19,81%	18,58%	16,73%	15,06%	13,29%
12%	20,31%	19,08%	17,22%	15,55%	13,78%
13%	20,81%	19,57%	17,72%	16,04%	14,27%
TIR					
	TIR (Fluxo ₆)	TIR (Fluxo ₇)	TIR (Fluxo ₈)	TIR (Fluxo ₉)	TIR (Fluxo ₁₀)
	33,18%	30,40%	27,57%	24,69%	21,76%
TIRM					
TIRM	TIRM (Fluxo ₆)	TIRM (Fluxo ₇)	TIRM (Fluxo ₈)	TIRM (Fluxo ₉)	TIRM (Fluxo ₁₀)
9%	21,14%	19,88%	18,57%	17,20%	15,76%
10%	21,62%	20,36%	19,04%	17,67%	16,23%
11%	22,10%	20,84%	19,52%	18,14%	16,69%
12%	22,59%	21,32%	20,00%	18,61%	17,16%
13%	23,08%	21,80%	20,47%	19,08%	17,62%

TABELA 23 - NOVOS VALORES DE TIR E TIRM BASEADOS UNICAMENTE EM MEDIÇÕES

PAY-BACK				
PB (Fluxo ₁)	PB (Fluxo ₂)	PB (Fluxo ₃)	PB (Fluxo ₄)	PB (Fluxo ₅)
2 anos e 5 meses	2 anos e 7 meses	2 anos e 9 meses	2 anos e 11 meses	3 anos e 2 meses
PB (Fluxo ₆)	PB (Fluxo ₇)	PB (Fluxo ₈)	PB (Fluxo ₉)	PB (Fluxo ₁₀)
2 anos e 4 meses	2 anos e 5 meses	2 anos e 7 meses	2 anos e 9 meses	2 anos e 11 meses

TABELA 24 - NOVOS VALORES DE “PAY-BACK” BASEADOS UNICAMENTE EM MEDIÇÕES

Estes novos indicadores são ainda mais satisfatórios com relação aos calculados com base em uma estimativa da demanda de potência do novo sistema de iluminação. Com efeito, o projeto resulta viável para todos os cenários e somente dois valores de TIR não são totalmente favoráveis. Adicionalmente, a geração de riqueza é maior que a esperada segundo as comparações dos valores do ROIA da tabela 17 e a tabela 25. Reconfirma-se o baixo risco e a viabilidade do projeto para um horizonte de cinco anos.

VAUE_{Otimista}	R\$ 84.115,02
VAUE_{Realista}	R\$ 39.413,50
VAUE_{Pessimista}	R\$ 14.797,11
IBC_{Otimista}	R\$ 1,61
IBC_{Realista}	R\$ 1,29
IBC_{Pessimista}	R\$ 1,11
ROIA_{Otimista}	10,00%
ROIA_{Realista}	5,16%
ROIA_{Pessimista}	2,06%
Pay-Back Descontado_{Otimista}	2 anos e 10 meses
Pay-Back Descontado_{Realista}	3 anos e 6 meses
Pay-Back Descontado_{Pessimista}	4 anos e 3 meses

TABELA 25 - NOVOS VALORES DE OUTROS INDICADORES BASEADOS UNICAMENTE EM MEDIÇÕES

Mesmo que os valores do “Pay-Back” ainda não satisfaçam plenamente as expectativas da empresa, pode-se afirmar que o projeto é mais atrativo do que tinha sido estimado. Esta diferença entre as estimativas e as medições pode ser devida à dificuldade para determinar a redução do consumo de energia por causa da instalação dos sensores fotoelétricos. Avaliando essa possível explicação, é interessante estudar o que teria acontecido se não tivesse sido considerada alguma porcentagem de redução adicional. Por exemplo, baseado no valor de consumo de 750.400,2 kWh exposto na tabela 9, os valores da TIR dos fluxos de caixa dos cenários mais pessimistas teriam sido como mostra a tabela a seguir:

TIR				
TIR (Fluxo ₁)	TIR (Fluxo ₂)	TIR (Fluxo ₃)	TIR (Fluxo ₄)	TIR (Fluxo ₅)
18,43%	14,94%	9,81%	5,09%	0,01%

TABELA 26 - VALORES HIPOTÉTICOS DA TIR SE NÃO TIVESSE SIDO CONSIDERADO O EFEITO DOS SENSORES

Percebe-se que esses valores teriam dado indícios de inviabilidade até no caso mais realista (Fluxo₃) quando na realidade foi visto que em todos os cenários o projeto é

viável. Isto reflete a importância de estimar sempre todas as possíveis reduções na demanda de potência, parâmetro fundamental na análise de viabilidade de projetos de eficiência energética focada em iluminação.

5.3.2 Observações adicionais

A fonte mais contundente para determinar as reduções das despesas em energia elétrica são as contas, neste caso, da Copel. Estes dados não foram fornecidos pela empresa, motivo pelo qual não são apresentados neste documento.

É importante esclarecer a respeito deste tema que se deve prestar muita atenção durante a análise destas contas já que existem, além dos sistemas de iluminação, outros sistemas elétricos cujo consumo pode variar (por causa de falhas em algum equipamento que geram maior consumo, instalação de novos equipamentos, troca por outros mais eficientes, aumento de produção etc.). Esta variação também tem um impacto no valor das contas e pode ser um fator de erro no cálculo para verificar as entradas de dinheiro correspondentes unicamente ao projeto relacionado com o sistema de iluminação.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

A análise do investimento em eficiência energética focado em iluminação da empresa do setor automotriz demonstrou que o projeto tem a combinação entre baixo risco e rentabilidade para ser considerado como atraente.

O baixo risco é evidenciado primeiramente pelos poucos parâmetros que influenciam a estimativa de redução das despesas em energia elétrica, isto é, demanda de potência, quantidade de horas de operação dos dispositivos envolvidos e variação das tarifas da Copel. A correta determinação dos dois primeiros parâmetros depende diretamente do esforço dos gerentes do projeto em termos de estudo de horários e hábitos dos funcionários assim como de procura das tecnologias mais adequadas e confiáveis. Já a determinação do terceiro parâmetro envolve incerteza, mas a existência de históricos de variações permite fazer estimativas de comportamento das tarifas para análises de sensibilidade. Adicionalmente, o baixo risco é evidenciado pelo fato do projeto ser viável mesmo em cenários bastante pessimistas.

Em termos de rentabilidade, os indicadores são bastante satisfatórios na maior parte dos cenários estudados. O “Pay-Back Time” estimado era o único valor que não atendia plenamente as expectativas da empresa. Porém, baseado no comportamento da tarifa em 2012 e especialmente em 2013, ano em que a diminuição da mesma foi de quase 20%, o “Pay-Back Time” real será significativamente menor do que o estimado.

Vale ressaltar que a ausência de financiamento contribuiu com os resultados favoráveis. Porém, a rentabilidade poderia ter sido maior se a empresa tivesse aproveitado algum programa de Eficiência Energética que lhe permitisse diminuir o investimento com dinheiro próprio ou até zerá-lo.

Lembrando que as entradas de dinheiro neste tipo de investimento correspondem à diminuição das despesas com energia elétrica, o acompanhamento do desempenho do novo sistema de iluminação é fundamental. Recomenda-se, portanto, realizar medições periódicas e criteriosas de demanda de potência assim como análises das contas de energia elétrica da Copel, tema que poderia ser interessante para um futuro estudo.

Em termos gerais, a empresa conseguiu resolver seu problema de iluminação insuficiente investindo em um projeto de baixo risco e gerador de riqueza. Estes resultados são bastante motivadores para quem desconhecia os benefícios da eficiência energética em termos de produtividade empresarial, sem contar com a contribuição com o meio ambiente e a sociedade.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Por dentro da conta de energia**. 5. ed. Brasília: CEDOC, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 5413**: Iluminância de interiores. Rio de Janeiro, 1992.

CASAROTTO FILHO, Nelson; KOPITKE, Bruno Hartmut. **Análise de investimentos**: matemática financeira, engenharia econômica, tomada de decisão, estratégia empresarial. 10. ed. São Paulo: Atlas, 2006

COPEL – COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA. **Alterações Tarifárias e Planilhas**, 2013a. Disponível em:

<<http://www.copel.com/hpcopel/root/nivel2.jsp?endereco=%2Fhpcopel%2Froot%2Fpagcopel2.nsf%2F5d546c6fdeabc9a1032571000064b22e%2F04afb43850ca33c503257488005939b7>>. Acesso em: 5 junho 2013.

COPEL – COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA. **Programa de Eficiência Energética**, 2013b. Disponível em:

<<http://www.copel.com/hpcopel/root/nivel2.jsp?endereco=%2Fhpcopel%2Findustrial%2Fpagcopel2.nsf%2Fdocs%2F7235B37FBCDDA5EA032573FB0065CAE0>>. Acesso em: 1 julho 2013.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **NOTA TÉCNICA DEA 16/12**: Avaliação da Eficiência Energética para os próximos 10 anos (2012-2021). Rio de Janeiro, 2012.

ESCOLA FEDERAL DE ENGENHARIA DE ITAJUBÁ. **Conservação de Energia**: eficiência energética de equipamentos e instalações. 3.ed. Itajubá: EFEI/FUPAI, 2006.

GONÇALVES, Joana Carla Soares; VIANNA, Nelson Solano; MOURA, Norberto Corrêa da Silva. **Iluminação Natural e Artificial**. Rio de Janeiro: Eletrobrás, 2011.

INSTITUTO NACIONAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA. **O que é eficiência energética?**, [201?]. Disponível em:
<http://www.inee.org.br/eficiencia_o_que_eh.asp?Cat=eficiencia>. Acesso em 1 julho 2013.

KASSAI, José Roberto *et al.* **Retorno de Investimento** : abordagem matemática e contábil do lucro empresarial : cálculos financeiros, contabilidade. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2000.

KEC DO BRASIL LTDA. **Características**, [201?]. Disponível em:
< <http://www.kecdobrasil.com.br/page-with-featured-image/>>. Acesso em: 5 junho 2013.

KÖCHE, José Carlos. **Fundamentos de metodologia científica**, teoria da ciência e iniciação à pesquisa. 29. ed. São Paulo: Vozes, 2006.

KONINKLIJKE PHILIPS ELECTRONICS N.V. **Basics of light and lighting**, 2008. Disponível em:
<http://www.lighting.philips.com/pwc_li/jp_ja/connect/Assets/basicsoflight_6_5MB.pdf>.
Acesso em: 29 maio 2013.

KONINKLIJKE PHILIPS ELECTRONICS N.V., 2013. Disponível em:
<www.philips.com> Acesso em: 25 maio 2013.

LUMICENTER INDÚSTRIA E COMÉRCIO DE LUMINÁRIAS LTDA. **Informações Técnicas**, [201?]. Disponível em:
<http://www.lumicenteriluminacao.com.br/arquivos/info_tecnicas_lumidec.pdf>. Acesso em: 25 maio 2013.

OLIVEIRA, Antônio Benedito Silva. **Métodos e técnicas de pesquisa em contabilidade**. São Paulo: Saraiva, 2003.

OSRAM GMBH, 2013. Disponível em: <www.osram.com> Acesso em: 25 maio 2013.

PHILIPS DO BRASIL LTDA. **Lâmpadas**, [201?a]. Disponível em:
<http://www.lighting.philips.com.br/connect/support/faq_lampadas.wpd>. Acesso em: 30 maio 2013.

PHILIPS DO BRASIL LTDA. **Reatores**, [201?b]. Disponível em: <http://www.lighting.philips.com.br/connect/support/faq_reatores.wpd>. Acesso em: 30 maio 2013.

ROCHA, Leonardo Resende Rivetti; MONTEIRO, Marco Aurélio G. **Gestão Energética**. Rio de Janeiro: Eletrobrás/PROCEL, 2005.

RODRIGUES, Pierre. **Manual de iluminação eficiente**. Guia técnico em arquivo PDF. Eletrobras/Procel, 2002.

SAMPIERI, Roberto Hernandez; COLLADO, Carlos Fernandez; LUCIO, Pilar Baptista. **Metodologia de Pesquisa**. 3. ed. São Paulo: Mc Graw Hill, 2003.

SOUZA, Alceu; CLEMENTE, Ademir. **Decisões financeiras e análise de investimento**: fundamentos, técnicas e aplicações. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2006.